



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FILOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FILOLOGÍA INGLESA**

***LA COHESIÓN DEL TEXTO CIENTÍFICO-TÉCNICO.
UN ESTUDIO CONTRASTIVO INGLÉS-ESPAÑOL***

Directora:
Dra. Ángela Downing Rothwell
Catedrática de Universidad

Tesis doctoral presentada por:
Inmaculada Álvarez de Mon y Rego

1999

Magistri amicisque

*Y, por supuesto,
a mi familia*

ÍNDICE

Página

AGRADECIMIENTOS

PREFACIO	1
I. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Objetivos	7
1.3. La selección de la muestra	8
1.4. Metodología del trabajo	11
1.5. Estructura del trabajo	13
II. CUESTIONES GENERALES SOBRE EL LENGUAJE DE LA CIENCIA Y LA TÉCNICA	15
2.1. El lenguaje científico-técnico como variedad lingüística	15
2.2. Problemas en torno a la denominación «científico-técnico»	17
2.3. La evolución de lenguaje científico-técnico como objeto de estudio	23
2.3.1. El estudio del registro	24
2.3.2. El estudio del discurso	28
2.3.3. El estudio del género	30
2.3.4. El estudio de tipologías textuales o los estudios de «corpus»	35
2.4. Hitos en la descripción del lenguaje científico-técnico	37
2.4.1. Primeros intentos de descripción gramatical y sintáctica	38
2.4.2. El enfoque retórico: la forma del texto depende de la función	40
2.4.3. El artículo científico y sus características según la intención del escritor	42
2.4.4. Los recursos argumentativos del lenguaje científico-técnico	46
III. ALGUNAS MATIZACIONES SOBRE EL TEXTO ESCRITO	55
3.1. El estudio del texto escrito	55
3.2. La denominación de la variedad de texto escrito	58
3.3. El texto contemplado como producto o como proceso	63
3.4. La textualidad y la textura o la cualidad de ser texto	67
3.5. El texto como unidad formal: la estructura del texto	71
3.5.1. La estructura del texto según Halliday y Hasan	73
3.5.2. Las superestructuras y las macroestructuras de Van Dijk	77
3.5.3. Diferentes enfoques de la organización de los conocimientos	79
3.5.4. Un enfoque dinámico de la estructura del texto escrito	81
3.6. El problema de la coherencia textual	83
3.6.1. La noción de coherencia en De Beaugrande y Dressler	85
3.6.2. La Teoría de la Estructura Retórica	91
3.6.3. Cohesión y coherencia: las dos caras de la moneda	97
3.6.4. La dimensión extratextual de la coherencia	103
3.6.5. La dimensión secuencial de la coherencia	107
3.7. El texto y el contexto	117

IV. EL ESTUDIO DE LA COHESIÓN TEXTUAL	123
4.1. Los orígenes del interés por la cohesión textual	124
4.2. La cohesión según Halliday y Hasan	125
4.2.1. Dimensión semántica de la cohesión	126
4.2.2. La cohesión y la textura	127
4.2.3. La cohesión como procedimiento de relación	128
4.2.4. Procedimientos de cohesión: la referencia	130
4.2.5. La sustitución y la elipsis	134
4.2.6. La conjunción	135
4.2.7. La cohesión léxica	137
4.2.8. Revisión posterior de esta teoría	140
4.3. La cohesión en español según Humberto Mederos	141
4.3.1. La cohesión por anáfora	143
4.3.1.1. La anáfora mediante proforma	144
4.3.1.2. La anáfora mediante frase nominal definida	145
4.3.1.3. La anáfora por elipsis	148
4.3.2. La cohesión mediante conexión	152
4.4. El enfoque léxico de la cohesión: cadenas de identidad y cadenas de similaridad	155
4.5. Los esquemas léxicos textuales de Hoey	164
4.6. El estudio de la cohesión textual de Sinclair	170
V. LA COHESIÓN DEL TEXTO CIENTÍFICO-TÉCNICO ESCRITO	185
5.1. La cohesión como procedimiento de relación oracional	185
5.2. La dimensión semántica de la cohesión	192
5.3. La anáfora como clave de la relación oracional	194
5.4. Los dos planos del texto: el plano del contenido y el plano de la intención	197
5.5. La construcción del texto: el plano del contenido se integra en el plano de la intención	198
5.6. La realización léxico-gramatical de la cohesión	207
5.7. Tres novedades de este enfoque de la cohesión	209
5.8. La cohesión y la distinción tema/rema	216
5.9. Contribución de la cohesión a la coherencia	220
5.10. La existencia del fenómeno del «eco verbal»	231
VI. LAS RELACIONES ORACIONALES EN EL PLANO DEL CONTENIDO	233
6.1. Entidad coincidente: recuperación mediante la misma expresión	233
6.2. Entidad coincidente: recuperación mediante hiperónimo	248
6.3. Entidad coincidente: recuperación mediante sinónimo	256
6.4. Entidad coincidente: recuperación mediante pronombre	264
6.5. Entidad coincidente: recuperación mediante posesivo	273
6.6. Entidades tácitas con ausencia señalada	275
6.7. Entidades tácitas sin señalización	278
6.8. Entidades relacionadas	283

VII. LAS RELACIONES ORACIONALES EN EL PLANO INTERACTIVO: EL ENCAPSULAMIENTO	291
7.1. Encapsulamiento mediante nominalización	291
7.2. Encapsulamiento mediante nombre	301
7.3. Encapsulamiento mediante adverbio	313
7.4. Encapsulamiento mediante pronombre	322
7.5. Encapsulamiento tácito	332
 VIII. LAS RELACIONES ORACIONALES EN EL PLANO INTERACTIVO. EL ANUNCIO Y LOS MARCADORES O CONECTORES	 343
8.1. El anuncio mediante nombre	343
8.2. El anuncio mediante nominalización	355
8.3. El anuncio mediante verbo	359
8.4. El anuncio mediante adverbio	370
8.5. El anuncio mediante pregunta	373
8.6. El conector o marcador discursivo: anuncio y encapsulamiento	377
 IX. CONCLUSIONES	 405
9.1. La cohesión como mecanismo de relación oracional	405
9.2. Los mecanismos de cohesión en inglés y en español	417
9.3. La contribución de la cohesión a la coherencia	425
 BIBLIOGRAFÍA CITADA	 429
 ANEXOS	 461
Nota preliminar	461
- 1: The quantum-effect device: tomorrow's transistor?	463
- 2: Microclusters	481
- 3: Progress in gallium arsenide semiconductors	505
- 4: The silicon retina	537
- 5: Microlasers	557
- 6: Single electronics	577
- 7: La física de superficies	601
- 8: Transiciones de fase en las perovskitas	627
- 9: Propiedades de los microagregados metálicos	655
- 10: Singularidades en relatividad general	683
- 11: Espectroscopía astrofísica con fibras ópticas	715
- 12: Células solares muy eficientes	739
- 13: Mecanismos de cohesión	771

AGRADECIMIENTOS

Durante la realización de esta tesis son muchas las personas que han estado a mi lado y me han ayudado directa e indirectamente; si tratara de mencionarlas a todas, con seguridad me olvidaría de alguna. Por esta razón, sólo nombraré a aquellas cuya intervención ha sido clave para el desarrollo de este trabajo.

En primer lugar, quiero agradecerle a mi directora, la Doctora Ángela Downing, el privilegio de su dirección y, ahora, de su amistad. Su buena disposición, su apoyo y su rigor han sido fundamentales para que pudiera llevar a buen término este trabajo.

También quiero recordar a Carmen, Carmela y María Jesús, por lo bien que me recibían en su casa de Londres y por las agradables tertulias «lingüísticas» en las que les comentaba las lecturas del día; a mi prima Lourdes, que me ayudó a distinguir entre la coherencia del lenguaje y la coherencia del pensamiento que el lenguaje expresa; a Mercedes, que logró que la biblioteca de la Facultad de Filología de La Coruña fuese como la de mi propia casa; a Rachel, que me envió, por correo y por sorpresa, artículos de gran interés; y, sobre todo, a Lupe, ejemplo y guía, sin cuyo apoyo constante no sé si habría llegado hasta el final.

Asimismo, quiero mencionar a Paco, cuyo buen hacer ha sido esencial en la edición de este trabajo.

Y, por último, no puedo olvidar a mis compañeras de la Sección Departamental de la E.U.I.T. de Telecomunicación, a mis amigos y a mi familia, que han estado a mi lado apoyándome todos estos años.

PREFACIO

Me gustaría comenzar con una cita que encontré casualmente en uno de esos ratos de lectura ajena al tema de los que casi no se dispone cuando se realiza una tesis:

«"Muchos años después, frente al pelotón de fusilamiento, el coronel Aureliano Buendía había de recordar aquella tarde remota en que su padre lo llevó a conocer el hielo". Así empieza la novela Cien años de soledad, y cuenta García Márquez que después de haber escrito esa primera frase se preguntó: "¿Y ahora qué carajo sigue?". Expresada en forma poco académica, ésta es la pregunta fundamental de la ética. Nuestras vidas no son los ríos que van a dar a la mar que es el morir. Lo dijo el poeta, pero ya se sabe que los poetas mienten mucho. Vivir es más parecido a escribir. La vida no discurre como un río, sino como una narración. Acto a acto contamos nuestra historia y en cada instante tenemos que decidir la frase que escribiremos a continuación, el proyecto, el argumento, el estilo».

No es este un fragmento seleccionado tras largas horas de búsqueda o con ayuda de los diccionarios de citas, sino que llegó a mis manos por casualidad. Una de esas casualidades afortunadas que a veces suceden; mayor, si pensamos que no estaba en un libro sobre el lenguaje, sino en un libro de ética (Marina, 1995, 13)⁽¹⁾. Sin embargo, cuando Marina escoge estas palabras de García Márquez, que tan jocosamente presentan el objetivo inicial de mi investigación, lo hace para comparar el vivir al escribir. Marina menciona como clave del paralelismo entre ambas

(1) Sucede, no obstante, que el autor está muy interesado por el lenguaje, en especial por la semántica, y ese interés se manifiesta en su último libro (Marina, 1998).

acciones, la cuestión que yo estaba planteando: escribir supone encadenar una oración a otra anterior y cada nueva oración plantea el problema de cómo comenzar-la. Cuando se cierra una frase y hay que comenzar una nueva, ¿existe una forma «conveniente» de hacerlo?, ¿tiene la lengua unos mecanismos determinados?, ¿funcionan éstos a voluntad del autor?. Estas eran algunas de las preguntas que yo me planteaba en aquellos momentos y que, más tarde, encontré también en boca de lingüistas. Planteamientos similares se hacía Sinclair (1985, 15), al observar la influencia que ejercen en la interpretación de una oración las oraciones que la preceden y en especial, la inmediatamente anterior:

«Looking ahead, the main issue can be stated as follows: (3) What framework of choice for the next element is created by the selection of this element? Any utterance can follow any utterance -we are free agents. Although we tend to follow conventions in social behaviour, there are no absolute rules, because people make mistakes or make use of the conventions for more subtle tactics, irony, and so forth. However, each utterance sets the scene for the next. No matter what it is, the way it will be interpreted is determined by the previous utterances and in particular the immediately previous one».

Pero, del escribir volvamos al vivir, ya que me gustaría explicar por qué decidí estudiar la cohesión del texto científico-técnico.

Mi interés por el estudio de esta variedad de texto y por el fenómeno de la cohesión textual responde a circunstancias personales que no puedo dejar de mencionar. Mi experiencia como profesora de Inglés de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid me acercó al texto técnico, que hoy constituye mi principal interés investigador.

Con mi formación humanística, me encontré inmersa en una situación de enseñanza nueva, de las denominadas «Inglés para fines específicos», en las que el interés por el aprendizaje de la lengua inglesa es puramente profesional. Como consecuencia, se hizo necesario entrar en contacto con el mundo de la ingeniería y,

en particular, con la ingeniería de telecomunicación, que me pareció algo casi «mágico», puesto que la técnica tiene mucho de magia para el profano. El teléfono, la televisión, la radio, los sistemas de reproducción de la voz, todos ellos aparatos habituales desde mi niñez, eran, sin embargo, unos enigmas en su interior. He de admitir que ni siquiera había llegado a plantearme cómo podía ser materialmente posible que cuando hablaba por teléfono con mi familia a seiscientos kilómetros, la voz recorriera esa distancia en un tiempo inapreciable. Si ahora me asombro de no habérmelo planteado, no me asombra menos que, a pesar de conocer la explicación, siga pareciéndome una realidad inimaginable. Parece como si la cultura humanística y los conocimientos técnicos fueran dos mundos aparte. Si a algunos lingüistas nos cuesta relacionarnos con la tecnología, no es menos cierto que los estudiantes de ingeniería tienen a menudo problemas con el uso de la lengua. Es sorprendente observar cómo, en el entorno en el que la técnica se interesa más por la comunicación, el medio fundamental de comunicarnos los humanos, el lenguaje, sufre no sólo desdenes, sino incluso malos tratos.

Estos estudiantes, que piensan trabajar como ingenieros para que nos comuniquemos más y mejor, utilizan el lenguaje y, en concreto, nuestra lengua, con poca desenvoltura y algo de descuido. Acostumbrados a escuchar los nuevos términos que se introducen en el español sin grandes cambios, a leer traducciones que por lo «rápidas» no son siempre de la calidad deseada, y dedicados a estudiar materias en las que con frecuencia sobran las palabras, traducen al español de forma torpe.

Es, pues, mi experiencia como profesora de traducción de textos técnicos la inspiradora directa del tema aquí estudiado. Al buscar en los libros de redacción en inglés y en español pautas para enseñar a redactar mejor a mis alumnos, pude ver que en los libros se explicaba cómo ordenar las palabras de la frase, cómo escribir un párrafo bien organizado o cómo redactar un párrafo descriptivo o narrativo, pero no se hablaba de las condiciones que consiguen que en el texto se perciba esa continuidad que le da unidad y claridad.

Por otra parte, la preparación de clases y de materiales didácticos me hizo ver la dificultad de encontrar, en los textos que traducía, ejemplos de frases que pudiesen utilizarse independientemente para presentar el uso de determinadas expresiones. Las oraciones que encontraba en los textos mostraban una dependencia del resto de la información dada que les impedía funcionar con autonomía. A ello se sumaron algunos problemas de traducción que resultaron ser, en realidad, problemas de cohesión.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Este trabajo se enmarca, en primer lugar, en los estudios del texto y en concreto, en los estudios de la cohesión del texto como fenómeno que estudia la relación entre sus oraciones. Los trabajos de Halliday y Hasan (1976), Mederos (1988), Hoey (1991) y Sinclair (1993) son algunos de los enfoques de los que me ocuparé por la importante influencia que han tenido en el análisis de la cohesión del texto científico-técnico aquí adoptado.

El estudio de la cohesión textual ha interesado también desde el punto de vista del estudio de los procesos de lectura y redacción de textos. Sin embargo, todavía no se ha llegado a conclusiones definitivas sobre su papel en la composición del texto. Es importante, por consiguiente, analizar la contribución de la cohesión al proceso de creación del texto en inglés y en español. Además, conviene ver qué mecanismos son propios del texto científico-técnico inglés y si esos mecanismos son los mismos que se emplean en español, para así averiguar si existen diferencias en el establecimiento de la cohesión en una y otra lengua.

La existencia de diferencias es evidente, por ejemplo si pensamos que el inglés es una lengua que exige la presencia de un sujeto expreso delante del verbo mientras que el español permite su ausencia, pero es necesario realizar un estudio más detallado. Son varios los trabajos existentes en la actualidad que tratan estos temas. Es importante la aportación de Mederos (1988), quien, al adaptar al español

el análisis de la cohesión de Halliday y Hasan (1976), descubre algunas propiedades interesantes del uso de demostrativos y artículos. Otro trabajo que contrasta las dos lenguas es el estudio de la repetición de Quesada Pacheco (1992). En un artículo titulado «Functions of Repetition in two Western Languages: English and Spanish», este autor nos dice que la repetición funciona de forma diferente en inglés y en español. Para demostrarlo, Quesada Pacheco analiza y compara varios editoriales de prensa americana y costarricense y descubre que las dos funciones principales de la repetición: su función cohesiva y su función persuasiva, predominan en distinta medida en inglés y español. Quesada Pacheco concluye que en inglés la repetición se usa principalmente con valor cohesivo, mientras que en español, tiene fundamentalmente un valor persuasivo⁽²⁾.

El hecho de que me ocupe tanto del inglés como del español integra este trabajo en la tradición de los estudios de la retórica contrastiva: entre los que podemos citar el clásico estudio de Kaplan (1966) y su revisión en Connor y Kaplan (1987), o la colección de artículos que encontramos en Purves (1988) y los trabajos más recientes de Mauranen (1993) y Ventola y Mauranen (1996).

Por último, no quiero dejar de mencionar una tradición investigadora en la que este trabajo se integra perfectamente. El descubrimiento de este antecedente directo fue también otra casualidad afortunada, ya que no llegó a mí a través de una búsqueda bibliográfica sobre el tema. El verano de 1993, tuve la oportunidad de visitar la biblioteca del *University College* de Londres y allí encontré los tomos reprografiados del informe OSTI (Huddleston et al. 1968). Este informe en el que colaboran

(2) Este estudio de Quesada Pacheco no permite llegar a conclusiones definitivas sobre el valor de la repetición como mecanismo de cohesión en español. Su objetivo real es rebatir la idea de que el uso de la repetición con valor persuasivo es una propiedad de las lenguas orientales, en concreto del árabe, frente a las occidentales, el inglés en ese caso. En segundo lugar, el estudio no expone todos los ejemplos analizados que hicieron llegar al autor a esta conclusión, ya que sólo analiza un ejemplo en inglés ilustrativo del uso cohesivo y un editorial en español, representativo del uso persuasivo. Es posible que en otros textos en los que la función persuasiva no sea tan evidente, la repetición con valor cohesivo se utilice en la misma medida que en inglés.

Huddleston, Hudson, Winter y Henrici se elaboró durante tres años en el «University College» de Londres, subvencionado por el departamento que le proporciona su nombre, ya que OSTI son las iniciales de «*Office for Science and Technology Information*».

Son varias las razones que hacen del estudio de Huddleston y sus co-autores (1968) un antepasado directo del aquí presentado. En primer lugar, se ocupa específicamente del inglés científico. En segundo lugar, su director es Halliday y el trabajo aplica sus ideas al estudio del texto escrito científico. Por entonces, Halliday había publicado ya *Notes on transitivity and theme in English*⁽³⁾. En tercer lugar, aborda el estudio de la cohesión como el procedimiento de conexión de las cláusulas y oraciones del texto. En cuarto lugar, supone un análisis práctico del texto científico técnico que emplea el ordenador, aunque lo haga simplemente con fines estadísticos. El ordenador se utiliza para analizar datos numéricos como el intento de calcular el «índice de coherencia» otorgando una puntuación diferente a las cláusulas del texto según se trate de oraciones de una sola cláusula, oraciones con más de una cláusula u oraciones con cláusulas incrustadas⁽⁴⁾.

1.2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es descubrir en un tipo específico de texto científico-técnico, en inglés y en español, los mecanismos que establecen las relaciones entre las oraciones y comprobar si esos procedimientos coinciden en las dos lenguas. Por ello, es necesario definir primero el concepto de cohesión y elegir un enfoque concreto con el que abordar el estudio de los textos.

Dado que la variedad de textos que iba a analizar estaba clara, la

(3) Citado en Huddleston et al. (1968).

(4) Véase Huddleston et al. (1968, 647).

primera operación fue la selección de la muestra de análisis. El lenguaje científico-técnico es una variedad que presenta múltiples manifestaciones. Los libros de texto, los catálogos de productos, los manuales de instalación y de funcionamiento, las revistas especializadas, los artículos científicos, los resúmenes o «*abstracts*», etc. son sólo algunas de las manifestaciones por escrito. Además, dentro de cada uno de estos tipos pueden hacerse muchas más distinciones en función de la comunidad científica particular a la que se dirige el texto y la intención y características particulares del autor. Ante la imposibilidad de contemplar todos los tipos de texto o géneros que pueden clasificarse bajo la denominación de lenguaje científico-técnico, decidí limitar la muestra a una única fuente con el objeto de trabajar con textos de características similares en cuanto al tipo de lector, el nivel de formalidad y el estilo general.

Mi objetivo es además estudiar el texto escrito, que interesa fundamentalmente en mis clases de lectura y traducción. La cohesión desempeña un papel mucho más importante en las características del texto escrito de gran longitud, que si se trata de analizar conversaciones en las que, debido a su carácter dialogado, la continuidad no se manifiesta de igual forma en la secuencialidad. Me interesa especialmente descubrir cómo se conecta cada nueva oración con las hasta entonces presentes en el texto. Por esta razón, me ocuparé exclusivamente de la cohesión como mecanismo de relación oracional que permite integrar cada nueva oración en el discurso ya dicho y no entraré en el análisis de las relaciones interclausales, aunque los mecanismos que crean la cohesión de las oraciones del texto operen también entre las cláusulas que integran esas oraciones.

1.3. LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La selección de los textos responde al objetivo específico de la investigación: un estudio de la cohesión en el texto científico-técnico en inglés y en español.

Elegí la revista *Scientific American* y su versión española, *Investigación y Ciencia*, porque los artículos de estas publicaciones se clasifican sin ninguna duda como pertenecientes a la variedad de lenguaje científico-técnico. Pero, lo que es más importante, la publicación me permite estudiar textos originales en las dos lenguas de interés: inglés y español. *Investigación y Ciencia* no sólo presenta las traducciones de los textos publicados en la versión inglesa, sino que publica siempre algún artículo de autores que escriben originalmente en español.

Scientific American es una publicación que goza de prestigio en el mundo académico y profesional como revista de divulgación científica y se ha utilizado en varias ocasiones como material de análisis de estudios lingüísticos⁽⁵⁾. La revista tiene además gran tradición, ya que comenzó a publicarse en los Estados Unidos en 1845. En la actualidad, goza de un reconocimiento casi mundial y se publican versiones no sólo en español, sino también en francés, alemán, italiano, ruso, japonés, chino, árabe y húngaro⁽⁶⁾. Por supuesto, no se trata de una revista de carácter especializado, pero tampoco se dirige al público general; se trata de una revista de divulgación para profesionales y estudiantes con una mínima formación científica. En consultas realizadas a bibliotecarios y a diferentes lectores de la revista como ingenieros, profesores universitarios y profesores de bachillerato, todos coinciden en que los conocimientos científicos que la revista presupone son aproximadamente los necesarios para iniciar una carrera universitaria de ciencias.

Otro aspecto de interés inmediato para esta investigación es que el artículo de divulgación científica para especialistas presenta una condición idónea para este trabajo: textos de gran longitud que permiten estudiar la cohesión en el medio más adecuado, el texto escrito seguido. De entre los múltiples temas científicos tratados en la revista, escogí aquellos artículos relacionados directa o indirectamente con la telecomunicación. El objetivo era doble: por una parte, pretendía homogeneidad

(5) Por ejemplo, Jordan (1986) y (1989) o Halliday (1993).

(6) Información que recoge Kapitza (1988).

y por otra, acercarme lo más posible a los intereses de mis alumnos. Como profesional de la enseñanza del inglés en una Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, me pareció importante escoger una temática relacionada con el entorno educativo en que me movía. La ingeniería de telecomunicación comprende el estudio de los sistemas electrónicos o de control, de la transmisión del sonido y de la imagen, de los sistemas de telecomunicación como la radio y la telefonía y de la transmisión de información mediante redes telemáticas. Todos estos temas tienen en común los principios físicos en los que se basan y, por ello, los artículos elegidos son esencialmente de física aplicada a la telecomunicación. Sin embargo, la recopilación de los artículos en español resultó más difícil, ya que la investigación científica española es mucho más abundante en las disciplinas relacionadas con la biología o la medicina que con la física aplicada.

Los textos seleccionados fueron los siguientes:

TEXTOS EN INGLÉS

AUTOR / TÍTULO	NÚMERO DE		
	PALABRAS	ORACIONES	PÁRRAFOS
BATE, Robert T. (1988): «The Quantum-Effect Device: Tomorrow's Transistor?» <i>Scientific American</i> , March, págs. 78-82	2.790	127	26
DUNCAN, Michael A. and ROUVRAY, Dennis H. (1989): «Microclusters» <i>Scientific American</i> , December, págs. 60-65.	3.956	172	40
BRODSKY, Marc H. (1990): «Progress in Gallium Arsenide Semiconductors» <i>Scientific American</i> , February, págs. 56-63.	5.139	239	47
MAHOWALD, Misha A. y MEAD, Carver (1991): «The Silicon Retina» <i>Scientific American</i> , May, págs. 40-46.	3.071	145	38
JEWELL, Jack L.; HARBISON, James P. y SCHERER, Axel (1991): «Microlasers» <i>Scientific American</i> , November, págs. 56-62.	3.875	148	32
LIKHAREV, Konstantin K. y CLAESON, Tord (1992): «Single Electronics» <i>Scientific American</i> , June, págs. 50-55.	3.958	199	37

TEXTOS EN ESPAÑOL

AUTOR / TÍTULO	NÚMERO DE		
	PALABRAS	ORACIONES	PÁRRAFOS
MIRANDA, Rodolfo (1990): «La física de Superficies» <i>Investigación y Ciencia</i> , Marzo, págs. 84-92.	4.848	186	32
SANJOAQUÍN, Juan Bartolomé y NAVARRO LINARES, Rafael (1990): «Transiciones de fase en las perovskitas» <i>Investigación y Ciencia</i> , Abril, págs. 76-85.	4.922	188	40
ÍNIGUEZ, María Pilar y ALONSO, Julio A. (1990): «Propiedades de los microagregados metálicos» <i>Investigación y Ciencia</i> , Agosto, págs. 78-85.	4.809	199	37
MARTÍN SINOVILLA, José María (1991): «Singularidades en relatividad general» <i>Investigación y Ciencia</i> , febrero, págs. 18-26.	5.746	249	34
ARRIBAS, Santiago (1991): «Espectroscopia astrofísica con fibras ópticas» <i>Investigación y Ciencia</i> , Marzo, págs. 52-60.	4.451	181	33
LUQUE, Antonio (1991): «Células solares muy eficientes» <i>Investigación y Ciencia</i> , Junio, págs. 4-12.	5.793	254	53

1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Como el objetivo era el estudio de la cohesión como mecanismo de enlace de las oraciones del texto, se enumeraron todas las oraciones de cada texto con el fin de obtener unos datos fiables. Dada la longitud de los textos, este trabajo resultó ser una tarea mucho más ardua de lo que en principio parecía. Los textos en español suman un total de 1.257 oraciones y los textos en inglés 1.029. Hay que tener en cuenta que aunque se seleccionaron sólo 6 textos para cada una de las dos lenguas, sus dimensiones hacen que el total de palabras sea 55.378. En concreto, 22.809 corresponden a los textos en inglés y 30.569 a los textos en español.

La imposibilidad de encontrar un método idóneo para analizar la cohesión textual me obligó a elaborar un enfoque de análisis propio y para ello, realicé un estudio de los conceptos teóricos relacionados con la cohesión y los diferentes enfoques existentes. Esta es la razón por la que la primera parte teórica presenta una extensión quizá excesiva. Sin embargo, está justificada por la gran cantidad de aspectos relacionados con la cohesión del texto, la multiplicidad de temas implicados en su estudio y los diferentes enfoques existentes. Antes de abordar los estudios sobre la cohesión decisivos para la elaboración de este enfoque, he creído conveniente aclarar una serie de nociones sobre la naturaleza del texto escrito que son de interés relevante cuando se va a estudiar la cohesión.

La segunda parte de la tesis presenta el resultado del análisis de la cohesión en la muestra de textos seleccionada. Este análisis, que se recoge en los apéndices, consistió en la clasificación del tipo de mecanismo de cohesión presente en cada una de las oraciones del texto. Clasificar todas las oraciones de cada texto ha supuesto un trabajo de precisión en dos frentes: la precisión lingüística a la hora de clasificar el mecanismo en cuestión y la precisión a la hora de sistematizar su presentación visual.

El estudio aquí realizado es esencialmente cualitativo, en ningún caso es un estudio cuantitativo. El interés de un estudio cualitativo se explica porque los estudios de la cohesión basados en recuentos de los mecanismos empleados mediante ordenador pueden tener resultados muy poco clarificadores⁽⁷⁾. Además, el objetivo es delimitar los mecanismos de cohesión y observar su funcionamiento en la construcción del texto, aunque en aquellos casos en los que el número de realizaciones muestran el predominio de una tendencia se señalará así.

(7) Así, sucede con los diagramas de la cohesión presentados por Stoddard (1991).

1.5. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo presenta, pues, dos partes. Una primera parte teórica y una segunda parte que muestra los resultados del análisis de los textos. La primera parte consta de tres capítulos. El primer capítulo corresponde a esta introducción. El capítulo 2 contempla el estudio del lenguaje científico-técnico, justifica el porqué de esta denominación y analiza los estudios existentes que son de interés. El tercer capítulo aborda el texto escrito, las condiciones que permiten definir el texto y la dificultad de explicar la coherencia textual. En el capítulo 4 se exponen los enfoques existentes de análisis de la cohesión textual que han tenido una influencia decisiva en el modelo que presento.

La segunda parte se inicia con el capítulo 5 en el que planteo mi enfoque de la cohesión. Este enfoque de la cohesión no coincide exactamente con ninguno de los estudios anteriores sobre el tema, aunque todos ellos han contribuido de manera decisiva a su materialización. En mi trabajo, el término «cohesión» se referirá a los mecanismos lingüísticos que permiten enlazar entre sí las oraciones del texto y, más en concreto, una oración con la siguiente. Estos mecanismos de cohesión enlazan las oraciones en dos planos: el plano del contenido y el plano de la intención.

En el plano del contenido, la cohesión consigue la continuidad informativa, ya que establece las relaciones entre las entidades y los procesos de la realidad de los que se habla en el texto. Los procedimientos lingüísticos que permiten recuperar el tema del que se habla constituyen el capítulo 6. En el plano de la intención, la cohesión encadena la información que se da en el texto para construir el razonamiento del autor. En este plano, la cohesión se consigue gracias a dos mecanismos textuales: el encapsulamiento y el anuncio. Las realizaciones lingüísticas del encapsulamiento y del anuncio ocupan los capítulos 7 y 8. Los ejemplos que se

presentan en estos capítulos están tomados de los textos analizados en inglés y en español y su objetivo es ilustrar los diferentes mecanismos y al mismo tiempo mostrar el funcionamiento de la cohesión en las dos lenguas de interés.

II. CUESTIONES GENERALES SOBRE EL LENGUAJE DE LA CIENCIA Y LA TÉCNICA

El lenguaje científico-técnico, variedad a la que pertenecen los textos aquí seleccionados, se ha considerado una variedad que hace referencia al uso de la lengua en relación con una disciplina. Ello supone la existencia de un contenido temático común y la relación con un quehacer profesional. La tendencia general en la investigación lingüística es otorgar más peso a esta segunda condición y considerar los textos científico-técnicos como usos del lenguaje en relación con una actividad profesional y, por tanto, ejemplos de una variedad de uso en contraposición a las variedades en función del usuario o «dialectos».

2.1. EL LENGUAJE CIENTÍFICO-TÉCNICO COMO VARIEDAD LINGÜÍSTICA

Las características formales de los textos clasificados como científico-técnicos están determinadas no sólo por el contenido temático, sino también por el resto de los factores que intervienen en el contexto: la intención del hablante, el canal de comunicación elegido o los conocimientos que se suponen en el oyente. Esta confluencia de factores contextuales tan variados ha provocado que la descripción del lenguaje científico-técnico no se haya abordado ni de forma global ni con detalle. Existen diferentes problemas que impiden presentar una visión retrospectiva homogénea de los estudios realizados. La causa principal son las discrepancias entre los lingüistas a la hora de denominar la variedad, delimitar su alcance y determinar

sus características. Destacaremos, en primer lugar, el problema de la poca claridad terminológica. Por una parte, se observa un uso indiscriminado de los términos, «ciencia», «técnica» y «tecnología» y es frecuente encontrar, tanto en inglés como en español, diferentes expresiones para referirse a textos pertenecientes la misma variedad lingüística. Así, los expertos hablan del lenguaje científico (Huddleston et al, 1968; Swales, 1971; Gopnic, 1972; Halliday, 1988; Halliday y Martin, 1993), del inglés «para» la ciencia y la tecnología (Trimble, 1985) o del inglés técnico (Herbert, 1965; Lackstrom et al., 1975; Jordan, 1988; 1993; Huckin y Olsen, 1991) entre otras denominaciones. No obstante, puede observarse que los lingüistas teóricos prefieren hablar de lenguaje científico, mientras que los que tienen un interés didáctico prioritario hablan del lenguaje de la ciencia y la tecnología o del lenguaje técnico. Como toda generalización, esta afirmación no es totalmente cierta y podemos citar el libro de Swales (1971), *Writing Scientific English*, como ejemplo de una aplicación didáctica que emplea el término «inglés científico». Quizá, este ejemplo nos sirva también para hacer otra consideración. En líneas generales parece observarse que el término «inglés científico» es más frecuente en los trabajos originados en las universidades británicas (Swales 1971; Widdowson, 1979), mientras que en la investigación americana predomina el término «inglés técnico» (Lackstrom et al., 1975; Jordan, 1988).

Otra de las razones que dificultan la descripción del lenguaje científico-técnico es el gran interés suscitado, que ha hecho que los estudiosos lo hayan contemplado desde perspectivas muy diferentes. Podemos mencionar, en primer lugar, a todos los científicos y filósofos que preocupados por el progreso científico se han interesado por el lenguaje como medio de transmisión del conocimiento (Russell, 1948; 1956; Wittgenstein, 1958; 1961)⁽⁸⁾. Para los filósofos, el estudio del lenguaje interesa porque es el medio con el que se expresa el pensamiento científico o se crea la ciencia. En este sentido los estudios superan las barreras lingüísticas y se ocupan del lenguaje como transmisor del conocimiento humano.

(8) Véase Kinneavy (1971). También Halliday (1993, 106-123) comenta cómo filósofos y científicos han abordado el estudio del lenguaje mediatizados por sus intereses concretos.

En segundo lugar, el lenguaje científico-técnico ha sido el objeto principal de estudio de la tendencia didáctica conocida como el inglés de la ciencia y la técnica, «*English for Science and Technology*» (EST). Esta tendencia didáctica ha aplicado al estudio del lenguaje científico-técnico las teorías o los procedimientos de análisis más novedosos en cada momento⁽⁹⁾.

Para concluir este apartado, y con el único objeto de mostrar la variedad de tendencias que se han acercado al lenguaje científico-técnico, quiero mencionar su interés entre los estudiosos de la retórica y la redacción⁽¹⁰⁾, la lingüística textual⁽¹¹⁾, la traducción⁽¹²⁾ o la psicolingüística⁽¹³⁾

2.2. PROBLEMAS EN TORNO A LA DENOMINACIÓN «CIENTÍFICO-TÉCNICO»

La descripción de un texto como científico-técnico, aunque parezca imprecisa desde el punto de vista temático resulta la más adecuada para referirse a la variedad aquí considerada por dos razones principalmente. Por una parte, por la dificultad de establecer la distinción entre ciencia y técnica, ya que cada vez están más relacionadas entre sí y, por otra, porque se perciben como una realidad

(9) Como ejemplo se pueden mencionar entre otros los trabajos de Barber (1962), Huddleston et al. (1968), Widdowson (1979) y Trimble (1985).

(10) Algunas de las muchas publicaciones en este campo que se pueden mencionar son Cooper (1964), Brogan (1973), Barrass (1978), Tichy (1988), Turk y Kirkman (1989) y Kirkman (1992).

(11) Entre las aportaciones concretas de la lingüística del texto al estudio de los textos específicos podemos mencionar los artículos de Hoffmann (1991, 158-166) y Lundquist (1991, 231-243).

(12) Por ejemplo, podemos citar entre otros la obra de Maillot (1997), *La Traducción científica y técnica*.

(13) Algunos trabajos de interés en relación con el texto científico-técnico inspirados por la psicolingüística se encuentran en Britton y Black (1985).

inseparable que afecta cada vez a más aspectos de nuestra vida. La ciencia y la técnica están íntimamente unidas y forman hoy parte de nuestra vida cotidiana como lo demuestra el hecho de que todos los periódicos hayan incorporado una sección fija semanal dedicada a estos temas.

La ciencia y la técnica constituyen una realidad inseparable a lo que contribuye además el hecho de que en la actualidad la investigación científica predominante sea aquella que encuentra una aplicación práctica inmediata en la actividad comercial y empresarial de los ciudadanos. Y esto también lo han apreciado los lingüistas. Así, Halliday y Martin (1993) destacan la estrecha relación existente entre lo que hoy se considera ciencia y el progreso económico⁽¹⁴⁾ e, interesados por el tema de lenguaje y poder, destacan la importancia que el lenguaje científico tiene como conductor de dicho progreso:

«What has come to count as science in technocratic culture is the applied, the corporate and the profitable....In a global economy where reliance on technological "growth" and "progress" is greater than ever -the power of scientific discourse (and its kin pseudo-science and pop-science) is arguably greater than ever».

Inicialmente la diferencia entre ciencia y técnica radicaba en que la ciencia se ocupaba de explicar la realidad mientras que la técnica la modificaba para mejorarla. Aparece entonces la ingeniería que se caracteriza, a su vez, por la preocupación de que esa mejora de la realidad se realice de forma rentable. Como nos dicen los autores de una obra clásica de la ingeniería de telecomunicaciones, *Communications Engineering* (Everitt y Anner, 1956)⁽¹⁵⁾:

(14) El origen del inglés para fines específicos y en especial del inglés de la ciencia y la técnica está relacionado con los factores socioeconómicos que llevaron al inglés a convertirse en la lengua del progreso científico y técnico, y consiguientemente económico. Así lo confirman Mackay y Mountford (1978, 6-7) o Hutchinson y Waters (1987, 7) que nos cuentan cómo los primeros trabajos del inglés para fines específicos surgen ligados a la crisis del petróleo y a la inversión británica en ingeniería y formación técnica de los países árabes.

(15) Citado en Misco Filho (1992).

«The fundamental problem of engineering is the utilization of the forces and materials of nature for the benefit of mankind. The problem of science is to understand nature, to answer such questions as: "If a certain combination of elements and conditions exists, what will happen?" Engineers are interested in an inverse type of question, viz. "If one desires a certain result, what combination should be assembled to produce it with a reasonable degree of approximation and at a cost which can be afforded»

Por ello, en un mundo donde priman los intereses económicos, la investigación científica está cada vez más próxima a las posibles aplicaciones técnicas y de ingeniería y la distancia entre ciencia, técnica e ingeniería es cada vez menor, de forma que resulta muy difícil considerarlas por separado.

Pero no es éste el único problema que ha dificultado la descripción del lenguaje científico-técnico. Tenemos que añadir otro. No existe una equivalencia exacta entre los términos usados en las diferentes lenguas para referirse a la técnica y esto es evidente si contrastamos los diferentes términos utilizados en inglés y en español. El concepto español de «técnica» no coincide exactamente con los conceptos correspondientes a los sustantivos ingleses «*technique*» o «*technic*». En español, la palabra «técnica» se puede emplear para referirse, en general, a la aplicación de la ciencia a la modificación de la realidad o, con un significado más específico, para denominar una habilidad concreta para realizar algo. Para distinguir entre el significado general y el específico, el español utiliza la contraposición artículo determinado/indeterminado, «la técnica», «una técnica».

Esta polisemia del término se observa en la definición que recoge el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE, 1984):

«Conjunto de procedimientos o recursos de que se sirve una ciencia o una arte. 2. Pericia o habilidad para usar de esos procedimientos y recursos».

En inglés, en cambio, la palabra «*technique*» o su variante «*technic*» recoge únicamente el significado más específico. Así el diccionario COLLINS (1991) define la palabra «*technique*» como:

«A practical method, skill or art applied to a particular task. 2. proficiency in a practical or mechanical skill. 3. special facility; knack;».

Por esta razón, en inglés se emplea la palabra «*technology*» para referirse a la aplicación de la ciencia para modificar la realidad. Así «*technology*» se define como (COLLINS, 1991):

«The application of practical or mechanical sciences to industry or commerce. 2. the methods, theory, and practices governing such application. 3. the total knowledge and skills available to any human society for industry, art, science, etc.».

Como consecuencia del predominio del inglés como lengua de la comunidad científica internacional, se hace frecuente también en español el término «tecnología» que ha llegado a sustituir en muchos usos al término «técnica».

Al problema de la referencia general o específica del término «técnica» en español, se suma la ambigüedad del adjetivo «técnico», que en este caso afecta a las dos lenguas y se hace más evidente cuando lo utilizamos para referirnos al lenguaje o a los textos. De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (DRAE, 1984), «técnico» puede entenderse como:

«Perteneiente o relativo a las aplicaciones de las ciencias y de las artes. 2. Aplícase en particular a las palabras o expresiones empleadas exclusivamente, y con sentido distinto del vulgar, en el lenguaje propio de un arte, ciencia, oficio, etc.».

Aplicado al lenguaje o a unos textos, el adjetivo nos dice, por una parte, que estamos ante un texto o un uso de la lengua relacionados con la técnica, con la ciencia y por supuesto también con lo que ahora se conoce como tecnología y, por otra, que el lenguaje utilizado presenta un léxico especializado, propio de expertos en la materia, aunque ésta no sea de carácter técnico. Esta ambigüedad se produce también en inglés. El diccionario COLLINS (1991) define «*technical*» como:

«Of, relating to, or specializing in industrial, practical, or mechanical arts and applied sciences. 2. skilled in practical and mechanical arts rather than theoretical or abstract thinking. 3. relating to or characteristic of a particular field of activity ...».

En la práctica, el adjetivo «técnico» se utiliza de forma indiscriminada para referirse a la especialización de cualquier disciplina, se considere o no científica o técnica; podríamos hablar así del lenguaje técnico del derecho o de la historia. Esta ambigüedad ha causado problemas incluso a los mismos lingüistas y ha dificultado la tarea de describir la variedad, ya que impide distinguir entre la simple referencia al contenido del texto, y la indicación del grado de tecnicismo⁽¹⁶⁾. Así, Halliday y Martin (1993, 4), a la hora de describir el lenguaje científico, emplean el adjetivo «técnico» para referirse a la presencia de términos específicos en el lenguaje científico:

«Of course, technical terms are an essential part of scientific language; it would be impossible to create a discourse of organized knowledge without them».

Esta simbiosis entre ciencia y técnica es también evidente cuando Halliday (1988; 1993) habla del lenguaje científico. Halliday considera el lenguaje técnico como una primera etapa del lenguaje científico y por eso, en su estudio diacrónico del lenguaje de la física presenta como primer ejemplo del lenguaje científico, el *Treatise on the Astrolabe* de Chaucer, del que nos dice que, en realidad,

(16) Véase Halliday (1978, 202).

es un texto técnico⁽¹⁷⁾:

«Chaucer's Treatise represents a kind of technical, perhaps proto-scientific discourse which is received into English from classical Greek via classical and Medieval Latin».

De igual forma, hay que mencionar la ambigüedad del adjetivo «científico» aplicado al lenguaje. Al hablar del lenguaje científico podríamos distinguir entre los que entienden por tal el lenguaje de las ciencias próximas a la técnica y la ingeniería, como las matemáticas, la física y la biología, y los que entienden como tal el uso del lenguaje para la creación y transmisión del conocimiento humano en todas sus facetas. En el primer grupo se encuentran los estudios lingüísticos, mientras que en el segundo se encuentran principalmente los estudios filosóficos. Una definición de lenguaje científico de gran interés es la que propone Kinneavy (1971), autor que estudia el lenguaje con un interés esencialmente lingüístico. Para Kinneavy el lenguaje científico es la variedad utilizada por los especialistas de una disciplina determinada para la transmisión de conocimientos. En concreto, se trata de usar el lenguaje únicamente con el fin de presentar el saber; en el momento que la intención es otra, el lenguaje deja de ser científico (Kinneavy 1971, 88)⁽¹⁸⁾:

«Scientific discourse consists in a consideration of one facet of an object and the making of certain kinds of assertions (descriptive, narrative, classificatory, and evaluative) about this facet. A discourse which becomes noticeably expressive or directly persuasive or literarily preoccupied is a discourse in danger of becoming nonscientific».

(17) Halliday (1993, 57).

(18) La idea de que el lenguaje científico-técnico constituye un tipo de texto dedicado a la descripción de la realidad la ponen en duda algunos de los autores que estudian el texto escrito. Así, Martín (1989, 49) afirma que no existe ningún tipo de texto que simplemente describa la realidad, ya que escribir implica siempre una reflexión o interpretación de la realidad por parte del que escribe.

Esta ambigüedad de las denominaciones hace que «científico-técnico» resulte la expresión más adecuada para referirse a los textos aquí analizados. Textos que en cuanto al tema están relacionados con la ciencias físicas teóricas y aplicadas a la telecomunicación y cuyo nivel de especialización es en este caso de divulgación especializada.

2.3. LA EVOLUCIÓN DE LENGUAJE CIENTÍFICO-TÉCNICO COMO OBJETO DE ESTUDIO

A la hora de denominar la variedad desde el punto de vista lingüístico se emplean términos como «registro», «discurso», «género» y «corpus». Hasta ahora, en este trabajo en concreto, he estado utilizando indistintamente «lenguaje», «textos» o «subgénero», ya que todos ellos pueden resultar adecuados para referirse a la muestra⁽¹⁹⁾ aquí analizada. Estas denominaciones, que coinciden con tendencias predominantes en la investigación lingüística de cada momento⁽²⁰⁾, son realmente diferentes ajustes de enfoque sobre la muestra de textos seleccionada en cada caso y responden a matizaciones sobre el alcance de dicha muestra. Entre los diversos autores que han estudiado el lenguaje científico-técnico podemos apreciar que hablan de registro, Halliday (1988; 1992) y Halliday y Martin (1993), de discurso, Widdowson (1979) y Trimble (1985), de género, Swales (1990) y de corpus, Myers (1991) entre otros.

(19) *Registro, género o tipo de texto* son las denominaciones que gozan de mayor prestigio entre las empleadas para referirse a una muestra lingüística. Recientemente se ha añadido la palabra «*corpus*» que suele indicar una muestra lingüística de gran tamaño que va a ser estudiada mediante procedimientos informáticos.

(20) Una revisión cronológica de los títulos de las publicaciones en torno al tema, nos permite observar como la utilización de estos términos: *texto, discurso, registro, género y corpus* responde a gustos y tendencias puntuales.

2.3.1. El estudio del registro

Históricamente, el término ligado desde un principio al lenguaje de la ciencia y de la técnica es «registro». Este término se hizo frecuente en la década de los sesenta para referirse a una variedad según el uso en contraposición a las variedades según el usuario⁽²¹⁾. En concreto, se empleó por primera vez en relación con la enseñanza del inglés, en una obra de Halliday, McIntosh y Stevens (1964, 87)⁽²²⁾. Para estos autores, la lingüística debía aportar una descripción adecuada de la variedad de la lengua que se iba a enseñar y esa variedad se denominaba «registro»:

«Language varies as its function varies: it differs in different situations. The name given to a variety of language distinguished according to use is register».

Más adelante, Halliday retomará el concepto en *Language as a Social Semiotic*⁽²³⁾:

«Types of linguistic situation differ from one another, broadly speaking, in three respects: first, what is actually taking place; secondly, who is taking part; and thirdly, what part the language is playing. These three variables, taken together, determine the range within which meanings are selected and the forms which are used for their expression. In other words, they determine the "register"».

(21) La variedad en función del usuario se denomina «dialecto» y suele ir ligada a la condición de variedad geográfica. Una explicación breve y clara de la diferencia entre «dialecto» y «registro» pueden encontrarse en Halliday (1993, 86-87).

(22) Bhatia (1993, 59) atribuye el uso original del término a Reid (1956). Halliday (1993, 104) también lo reconoce así.

(23) Halliday (1978, 33).

y lo confirma en relación con el «inglés científico» (Halliday (1988, 162; 1993, 54) cuando lo define de la forma siguiente:

«The term SCIENTIFIC ENGLISH is a useful label for a generalized functional variety, or register, of the modern English language».

En definitiva, el análisis del registro implica vincular las características formales de los textos analizados al contexto situacional⁽²⁴⁾. Esta relación sigue confirmándose en trabajos más recientes sobre el tema como el de Biber y Finegan⁽²⁵⁾:

«Register entails text and implies a relationship between text and context...There are no sentences in register analysis unless they form part of a text embedded in a social context».

El estudio del registro contribuye de dos formas al estudio del inglés científico-técnico. Por un lado, consigue el reconocimiento del lenguaje científico-técnico como variedad lingüística y por tanto, como una categoría textual. Por otro, elabora una descripción teórica del contexto situacional⁽²⁶⁾ y de sus componentes que aplica a la descripción del lenguaje técnico. Así, Halliday⁽²⁷⁾ presenta el lenguaje de las instrucciones técnicas como un ejemplo evidente de que las características de un texto dependen del contexto situacional en el que ese texto se enuncia:

(24) Para Halliday, el concepto de registro está unido al de «contexto situacional». Halliday (1978; 1989) distingue el contexto situacional del contexto cultural. Estos dos conceptos los había empleado por primera vez en 1923 y 1935 el antropólogo Malinowski y posteriormente los amplió Firth (1957).

(25) Biber y Finegan (1994, 7).

(26) Entre los autores que han estudiado el contexto situacional, podemos mencionar además de Halliday (1978; 1985b; 1985c), a Butler (1985), Gregory (1988), Martin (1992), Eggins (1994) y Leckie-Tarry (1995). Aunque entre ellos existen ciertas discrepancias, todos coinciden en los aspectos más generales.

(27) Halliday (1978, 229).

«... An example is the language of technical instructions: if one looks carefully (and sympathetically) at the leaflets issued by the manufacturers of appliances, not to the general public but to those responsible for the installation and maintenance of these appliances, one can get a very clear picture of how language is related to the context of situation in which it is functioning - or rather that in which it is intended to function».

Y más adelante describirá el lenguaje científico de la forma siguiente⁽²⁸⁾:

«The diatypic variation can be summarized in terms of field, tenor and mode: in field, extending, transmitting or exploring knowledge in the physical, biological or social sciences; in tenor, addressed to specialists, to learners or to laymen, from within the same group (e.g. specialist to specialist) or across groups (e.g. lecturer to students); and in mode, phonic or graphic channel, most congruent (e.g. formal "written language" with graphic channel) or less so (e.g. formal with phonic channel), and with variation in rhetorical function -expository, hortatory, polemic, imaginative and so on».

Sin embargo, son varios los problemas que surgen a la hora de realizar la descripción detallada de un «registro» en función del contexto situacional⁽²⁹⁾ y especialmente a la hora de clasificar los distintos tipos de texto posibles y establecer las causas de sus similitudes y diferencias⁽³⁰⁾.

Por otro lado, el estudio del registro es importante porque es el primero en aplicar métodos y enfoques teóricos que serán luego utilizados en el estudio de

(28) Halliday (1988, 162) y (1993, 54).

(29) Los distintos autores que han estudiado el contexto situacional discrepan a la hora de definir los factores que lo componen. Véase el planteamiento de este problema en Butler (1985, 88). Martin (1992) presenta de forma comparada cinco modelos diferentes de contexto situacional. Un tratamiento algo más amplio de estos modelos puede verse en Young (1985).

(30) Véase Biber (1994, 34) quien plantea la necesidad de una reformulación de los parámetros que determinan la noción de contexto situacional.

otras variedades. Sucede así en el caso de Barber (1962) y el informe OSTI (Huddleston et al., 1968), que aplican técnicas estadísticas⁽³¹⁾ y recuentos de frecuencias; en concreto, el informe OSTI considera como categorías para el análisis del lenguaje científico-técnico la cláusula y el tema⁽³²⁾.

A pesar de la contribución evidente de los estudios del registro al avance de la investigación lingüística, puede decirse que en la descripción de las variedades, el término «registro» ha estado, en la práctica, relegado a un segundo plano⁽³³⁾. Son varias las razones que explican este fracaso práctico del concepto. Por una parte, no siempre es posible delimitar claramente el alcance de la variedad de uso denominada «registro», ni aplicar exhaustivamente el análisis en función del contexto situacional. Por otra parte, en español, el término «registro» produce cierta confusión, ya que por similitud a su uso en música, se ha utilizado principalmente para indicar tan sólo uno de esos factores del contexto situacional, el grado de formalidad del lenguaje empleado. En la actualidad, sin embargo, vuelve a ser de interés para muchos de los lingüistas preocupados por el lenguaje en relación con el contexto⁽³⁴⁾, pero no ha conseguido derrotar a otros de los términos utilizados como «discurso», «género» o «corpus».

(31) Entre los estudios estadísticos recientes, en concreto del lenguaje de la medicina, destaca el de Atkinson (1992). Biber y Finegan (1994, 364) citan algunos otros ejemplos actuales de estudios del registro que aplican técnicas estadísticas.

(32) Véase Huddleston et al. (1968).

(33) Varios autores comentan el abandono sufrido por el concepto de registro. Así lo hace Young (1985, 282) en un artículo cuyo título es de por sí revelador: «Some Applications of systemic grammar to TEFL or Whatever Became of Register Analysis?». Young menciona a algunos autores de libros decisivos en el campo de la enseñanza de inglés para fines específicos que no consideran el registro. Este arrinconamiento del registro tanto en el pasado como en el presente lo reconoce también De Beaugrande (1993, 7): «*Throughout much of linguistic theory and method, the concept of "register" has led a rather shadowy existence*» y Matthiessen (1993, 221): «*Register analysis is not subsumed under any of the new types of analysis that have been established in general linguistics in the last thirty years or so...*».

(34) Un estudio de las diferentes tendencias del concepto de «registro», especialmente en relación con el discurso, puede encontrarse en Beaugrande (1993, 7-25). En la misma obra, Matthiessen (1993, 221-292) presenta un detallado análisis teórico del concepto. Un estudio teórico más amplio sobre los conceptos de contexto, registro y género es la obra póstuma de Leckie-Tarry (1995).

2.3.2. El estudio del discurso

Aunque el término «discurso» comienza a usarse en contraposición al «texto»⁽³⁵⁾ para indicar una forma diferente de abordar el estudio de la lengua, su alcance real no está claro⁽³⁶⁾ en la práctica⁽³⁷⁾, y «texto» y «discurso» no resultan incompatibles, empleándose indistintamente en muchos casos, ya que la distinción supone simplemente adoptar dos perspectivas diferentes ante una misma realidad⁽³⁸⁾.

Ligado a la corriente lingüística conocida como «el análisis del discurso» (*«discourse analysis»*), se considera que fue Zellig Harris⁽³⁹⁾, quien lo empleó por primera vez⁽⁴⁰⁾ en 1952. Sin embargo, el análisis del discurso no se percibirá como una corriente lingüística determinada hasta la década de los 70; concretamente, Van Dijk⁽⁴¹⁾ atribuye los primeros trabajos de «análisis del discurso» a los estructuralistas franceses: Bremmond, Todorov y Barthes.

(35) Entre los autores que explican las diferencias entre el «texto» y el «discurso» y el porqué de su distinción, podemos mencionar: Levison (1983, 286), Brown y Yule (1983, 6), Stubbs (1983, 1; 9-10), Vitacolonna (1988, 421-439) y Alcaraz (1990, 119-121), entre otros.

(36) Beaugrande (1985, 41) nos cuenta que la lingüística del texto y el análisis del discurso se consideraron en algunos momentos tendencias idénticas.

(37) El mismo Van Dijk, para algunos fundador de los estudios del discurso al ser el promotor de varias revistas, entre ellas *Text and Discourse and Society* y el editor de *The Handbook of discourse analysis* (1985) es, al mismo tiempo, el propulsor de la lingüística del texto. Así lo reconoce García Berrio en el prólogo de la traducción al español de la obra *Text and context* (Van Dijk, 1988).

(38) Entre los autores que indican que sólo hay pequeñas diferencias de matiz podemos mencionar a Stubbs (1988, 10) y a Lavandera (1988, 10). Beaugrande (1985, 41) llega a afirmar que se trata de designaciones diferentes para un mismo objeto de estudio.

(39) Así lo confirman Hoey (1983, 1-2) y Prince (1988, 167).

(40) Casualmente, el término aparece ligado a la técnica y en concreto, a los ordenadores, ya que se utilizó en una investigación sobre la posibilidad de almacenar y recuperar textos científico-técnicos mediante procedimientos informáticos.

(41) Véase Van Dijk (1985, 1-10).

A lo largo de su historia, el «análisis del discurso»⁽⁴²⁾ ha dado lugar a distintas tendencias⁽⁴³⁾. En un principio parece utilizarse para hacer referencia al uso oral del lenguaje. Así, lo confirman algunos trabajos fundamentales que inciden únicamente en la lengua hablada. Sinclair y Coulthard (1975) estudian la interacción oral en el aula; Gumperz (1982) ni siquiera menciona el texto escrito y el libro de Courthald (1977) dedica sólo 6 páginas y media al inglés escrito. Sin embargo, son muchos los autores que emplean «discurso» para referirse al texto escrito. Grimes (1975), Longacre (1976), Hoey (1983), Mann y Thompson (1985, 1987) y Fox (1987), entre otros, dedican su atención al lenguaje escrito y en la mayoría de los casos su interés primordial es la búsqueda de un principio organizativo⁽⁴⁴⁾ del texto, que denominan «estructura del discurso».

En concreto, en el caso del inglés científico-técnico, puede mencionarse la obra de Trimble (1985), *English for Science and Technology: A discourse Approach*. En esta obra Trimble utiliza el término «discurso» para hacer hincapié en la idea de que se trata de texto continuo dotado de cohesión y coherencia:

«... a collection of connected language units - such as sentences and paragraphs, that together make up a coherent, cohesive text».

Con este trabajo, se inicia una tendencia fundamental en la descripción del inglés científico-técnico, el enfoque discursivo que se basa en la idea de que para enseñar el inglés de la ciencia y de la técnica (EST), es necesario conocer la

(42) Una descripción breve del análisis del discurso puede encontrarse en Prince (1988, 164-82). Brown y Yule (1983) presentan todos los temas de interés de esta corriente. Un estudio detallado de las diferentes tendencias dentro del análisis del discurso puede encontrarse en Schiffrin (1994, 20-43). Para una introducción muy clara y didáctica de todos los temas relacionados con el estudio del discurso, véase Renkema (1993) y la breve pero completa guía de Nunan (1993).

(43) Schiffrin (1994) estudia en su obra seis enfoques diferentes del análisis del discurso y presenta tres definiciones diferentes del concepto «discurso».

(44) Una revisión de algunos de los problemas en torno a la organización del discurso se encuentra en Blakemore (1988, 229-250).

estructura discursiva del texto escrito científico y técnico (Trimble, 1985, 14):

«EST writing is that type of discourse that has as its purpose the transmission of information (fact or hypothesis) from writers to readers, therefore it uses only a limited number of rhetorical functions. It does not, for example, make use of such rhetorical functions as editorializing, non-logical argumentation, poetic images, or those functions that create emotions such as laughter, sadness, etc.».

El trabajo de Trimble supone una gran aportación por dos razones. En primer lugar, se apoya en datos reales proporcionados por los textos y en segundo lugar, considera el discurso científico-técnico como el medio de transmitir información. Se trata además de una concepción del lenguaje científico como un tipo de discurso cuyas características no dependen tan sólo de la lengua empleada, idea que ya habían defendido otros lingüistas como Widdowson (1979, 51-52):

«So I would wish to say that scientific discourse is a universal mode of communicating, or universal rhetoric, which is realized by scientific text in different languages by the process of textualization».

2.3.3. El estudio del género

El intento de realizar descripciones más detalladas de las variedades lingüísticas con características homogéneas condujo al estudio del género, que también aportará datos de interés al estudio de los textos científico-técnicos. La noción de «género» se emplea preferentemente para referirse al conjunto de textos de características formales muy similares que comparten una misma intención comunicativa. A diferencia del término «registro», el término «género» gozaba ya de tradición en los estudios literarios para referirse a composiciones con unas características formales comunes. También es reconocida su presencia en el cine, en

donde hace referencia tanto al contenido como a las características formales de las películas. Sin embargo, en la descripción lingüística su uso es más reciente y en este caso, pone el énfasis en la relación forma/significado. Es la finalidad comunicativa del texto la que provoca la presencia de una formas textuales determinadas en especial la existencia de una estructura textual. Gunther Kress (1993, 23) incide en este aspecto:

«Because of the major interest of genre work in meaning and function, the emphasis is, therefore, on an understanding of what language is doing and being made to do by people in specific situations in order to make particular meanings».

En el mismo sentido se encuentran las definiciones de Swales (1990, 58) quien nos dice que esas intenciones deben ser reconocidas como tales y compartidas por todos los usuarios del género en cuestión y la de Bhatia (1993, 13), que vuelve a insistir en la idea de que el género responde a los intereses concretos de los usuarios.

Swales (1990, 21-32) desarrolla la noción sociolingüística de «comunidad de usuarios» para referirse a la comunidad de hablantes que se expresa con unas formas lingüísticas similares, sigue las mismas pautas y posee la misma cultura. Esta comunidad tiene unas características particulares; no está confinada en una localización geográfica cerrada, sino que se mueve en un medio físico mucho más amplio, en bastantes casos de alcance internacional. Además, el determinante principal de los comportamientos lingüísticos de la comunidad es de tipo funcional, ya que son los fines de la comunidad⁽⁴⁵⁾ los que establecen las características discursivas (Swales, 1990, 9):

(45) Insisten también en esta idea Dudley Evans (1987), Hasan (1989), Martin (1992), Bazerman y Paradis (1991), Bhatia (1993) y Kress (1993).

«Discourse communities are sociorhetorical networks that form in order to work towards sets of common goals».

En concreto, las cuatro secciones características de un artículo científico: introducción, método, resultados y discusión, responden a la intención evidente del autor de convencer a una audiencia de la experiencia relatada⁽⁴⁶⁾.

Pero además, el género hace referencia a ese carácter de convención que conlleva toda manifestación lingüística. En palabras de Bakhtin⁽⁴⁷⁾:

«Language is realised in the form of individual concrete utterances (oral and written) by participants in the various areas of human activity. The utterances reflect the specific conditions and goals of each such areas of human activity not only through their content (thematic) and linguistic style, that is the selection of lexical, phraseological, and grammatical resources of the language, but above all through their compositional structure...Each separate utterance is individual, of course, but each sphere in which language is used develops its own relatively stable types of these utterances. These we may call speech genres».

Es la tradición cultural la que permite reconocer unas formas textuales genéricas, las acuña y las transmite. Como explica Dudley-Evans (1987,1):

«By "genre" is meant a typified society recognized form that is used in typified society circumstances».

Pero, las características de un género no permanecen inalterables, sino

(46) Algunos autores como Bruce (1983) afirman que esta organización de las secciones del artículo se ajusta al razonamiento científico de carácter inductivo.

(47) Citado en Martin (1992, 494-495). Martin comenta la coincidencia entre el trabajo de la lingüística sistémica sobre el género y el realizado por Bakhtin.

que evolucionan⁽⁴⁸⁾ en función de las nuevas necesidades o gustos de los usuarios. Berkenkotter y Huckin (1995, 4) lo expresan con gran claridad:

«Genres are dynamic rhetorical forms that are developed from actors' responses to recurrent situations and that serve to stabilize experience and give it coherence and meaning. Genres change over time in response to their users' sociocognitive needs».

El «género» se convierte en el modo y en el medio de comunicación de un grupo de profesionales (Berkenkotter y Huckin, 1995, 1), que deben llegar a poseer lo que estos autores denominan «*genre knowledge*». Este «conocimiento del género» supone dominar no sólo el contenido, sino también la forma y, por tanto, la manera de ajustar el contenido a un fin determinado en un contexto específico⁽⁴⁹⁾.

De cara al estudio del lenguaje científico-técnico, el «género» aporta una visión más completa de la condición textual y no se puede equiparar a una colección de textos seleccionada aleatoriamente, sino que se trata de una serie de textos que guardan entre sí ciertas similitudes formales que se perciben a primera vista⁽⁵⁰⁾. El género traspasa la barrera temática, ya que disciplinas muy diferentes pueden adoptar una misma estructura formal, aunque en la práctica puedan existir discrepancias; así, los artículos científicos que Swales estudia tratan de ingeniería, física y otras de las denominadas en inglés «*hard sciences*», es decir, aquellas relacionadas con la ingeniería, pero también se ocupan de medicina, lingüística o psicología. Por otra parte, la similitud formal está relacionada y, en realidad,

(48) Esta característica la reconocen hoy en día todos los estudiosos del tema. Berkenkotter y Huckin, (1995) mencionan en este sentido los estudios de Bazerman (1988, 27-29). Trabajo que también cita Atkinson (1992) en su estudio de la evolución de los informes médicos en una revista en particular, *The Edinburgh Medical Journal*.

(49) Véase Berkenkotter y Huckin (1995).

(50) Swales (1990) comenta cómo los estudios anteriores que seleccionaban los textos en función del contenido, sacrificaban, para conseguir la homogeneidad temática, la homogeneidad en la relación emisor-receptor, la finalidad comunicativa o las características retórico-textuales.

condicionada por la intención comunicativa o finalidad retórica del texto. Éste será el eje primordial de la clasificación de los textos y también el factor contextual determinante de las características comunes de los textos que constituyen un género. Al hacer depender la forma textual de la finalidad de la comunicación, la noción de género hace desaparecer uno de los principales puntos de conflicto entre los autores que estudiaban el registro⁽⁵¹⁾.

Finalmente, el género presenta la ventaja de que no se opone a el resto de las distinciones. En realidad, «registro» y «género» pueden considerarse distinciones complementarias que permiten explicar las diferentes manifestaciones lingüísticas de una variedad⁽⁵²⁾. El género está por encima del registro; el registro depende del contexto situacional y el género del contexto cultural y, por ello, puede entenderse que un mismo tipo de texto o género tenga distintas realizaciones en diferentes lenguas o tradiciones retóricas⁽⁵³⁾. Como acertadamente explica Dudley-Evans (1987, 2-3):

«Thus far we have suggested that the description of a genre involves the establishment of the essential features of a text type that distinguish it from other text types... It is thus to a large extent a prescriptive system; not prescription in the oldfashioned way of prescribing certain grammatical forms to be the correct forms, but rather more flexible prescription based on the analysis that makes suggestions about the layout, ordering and language appropriate to a particular writing or speaking task.

The analysis of register, on the other hand, usually appears to be

(51) Para los estudiosos del registro, la clasificación de la intención comunicativa del texto planteaba serios problemas. Martin (1992, 501) confirma que la intención comunicativa nunca ocupaba el mismo lugar en las clasificaciones de los diferentes autores.

(52) Por ello, los términos «género» y «registro» coexistirán en la descripción teórica de las variedades de uso, ya que se consideraran como clasificaciones a diferente nivel (Martin, 1992, 501-508).

(53) Hasan (1989, 54-55) explica que las diferencias culturales que pueden existir en la realización de un género son comparables a las que había al realizar la acción «ir de compras» en contextos culturales tan diferentes como podrían ser unos grandes almacenes occidentales o en un mercadillo oriental.

descriptive. It is concerned with variation in language and investigates how situational factors, or the "context of situation" in which the language is used affect the textual forms used».

Sin embargo, para aquellos autores que han contrastado entre sí variedades lingüísticas diferentes o han estudiado una variedad lingüística en detalle, la noción de «género», a pesar de su alcance más limitado, tampoco resuelve todas las distinciones que pueden hacerse entre los textos (Biber, 1989, 6):

«Genre distinctions do not adequately represent the underlying text types of English, however. Texts within particular genres can differ greatly in their linguistic characteristics; for example, newspaper articles can range from extremely informational and elaborated in form. On the other hand, different genres can be quite similar; for example, newspaper articles and popular magazine articles are nearly identical in form. Linguistically distinct texts within a genre represent different text types; linguistically, similar texts from different genres represent a single text type».

2.3.4. El estudio de tipologías textuales o los estudios de «corpus»

La necesidad de ajustar más la denominación de la muestra analizada condujo a nuevas categorías. Surge así la expresión «tipo de texto» (Biber, 1986; 1988; 1989; 1994)⁽⁵⁴⁾ y Biber y Finegan (1986). Esta categoría de «tipo de texto» que Biber distingue está muy unida a otro término actualmente en boga en la investigación lingüística, «corpus». Este vocablo latino, que se emplea para referirse a la recopilación de textos realizada principalmente con medios informáticos, implica

(54) Françoise Salager-Meyer (1990) en su detallado estudio del resumen o «abstract» del artículo científico de medicina distingue, dentro del género de artículo científico, tres tipos de texto: el artículo que presenta los resultados de una investigación, el artículo que presenta uno o varios casos y el artículo que recopila las publicaciones sobre un tema.

esencialmente la idea de una muestra de gran extensión y con ejemplos reales de uso⁽⁵⁵⁾.

Una de las aportaciones principales de los estudios de corpus son las detalladas categorías de clasificación textual que, en muchos casos, se han convertido en etiquetas habituales en otros estudios. Como ejemplos de esta variedad de categorías podemos mencionar las 16 categorías de texto escrito que distingue el Corpus Lancaster-Olson/Bergen, entre las que se encuentran el reportaje periodístico, la prosa culta y la novela. Otros corpus hablan de categorías temáticas, y así el Corpus de Lengua Inglesa de Longman/Lancaster habla de 10 categorías temáticas, entre las que distingue las ciencias aplicadas, las artes y la ficción entre otras y 6 categorías de textos prototípicos como exposición, instrucciones y narración⁽⁵⁶⁾.

Sin embargo, las recopilaciones presentadas en los trabajos de corpus no son siempre las más idóneas como puede verse al analizar en detalle las muestras seleccionadas por Biber (1986; 1988)⁽⁵⁷⁾. Tampoco el lenguaje científico y técnico recibe un tratamiento idóneo. Se incluyen ejemplos, ya que se considera uno de los tipos de texto de interés, pero no todos los estudios lo clasifican como una categoría especial. Así, Biber (1988) clasifica como prosa académica los textos que el corpus Lancaster-Oslo-Bergen había recopilado como científicos y los separa en función de la materia que tratan: ciencias naturales, medicina, matemáticas, ciencias sociales,

(55) Así nos lo dice Biber (1994, 37).

(56) Un caso concreto de aplicación al lenguaje científico de la metodología de análisis desarrollada por Biber es el trabajo de Atkinson (1992) sobre la evolución del artículo de medicina de la revista *The Edinburgh Medical Journal*.

(57) Para el estudio de las diferencias entre lenguaje escrito y lenguaje hablado, Biber utiliza (1986, 1988) el corpus Lancaster-Oslo-Bergen y el London/Lund y descarta el Brown para que el estudio no se vea afectado por la influencia de una variedad dialectal. Sin embargo, añade una muestra de correspondencia de carácter personal y profesional y en este caso Biber (1988, 669) reconoce haber incorporado variedades dialectales de inglés americano, ya que la mayoría de las cartas incluidas habían sido escritas por hablantes americanos e incluso algunas cartas eran de procedencia canadiense. Además la clasificación de esas cartas como correspondencia profesional es discutible; por una parte, proceden del entorno universitario y por otra, tratan sobre todo de temas administrativos.

ciencias políticas, derecho y pedagogía, humanidades e ingeniería y técnica. El corpus holandés, en cambio, sí habla de «escritura científica» y clasifica como tal la obra *Cell biology*, de J. Paul (1965). Consideran, acertadamente, que no es una categoría uniforme, pero sólo se ocupan de la «escritura científica de divulgación», categoría con la que se etiqueta la obra *Techniques of Persuasion*, de J. Brown (1963)⁽⁵⁸⁾.

Pero, la importancia de los estudios de corpus estriba en el hecho de abrir nuevas perspectivas metodológicas al utilizar dos importantes herramientas de trabajo lingüístico: la estadística y el ordenador.

2.4. HITOS EN LA DESCRIPCIÓN DEL LENGUAJE CIENTÍFICO-TÉCNICO

El estudio del lenguaje científico-técnico ha interesado a todas las tendencias de la investigación lingüística, pero en especial a aquellas de carácter eminentemente didáctico como ya he mencionado antes. Así, son muy abundantes los trabajos promovidos por la corriente didáctica denominada inglés para fines específicos. Este enfoque didáctico surge de la utilización de una lengua particular, el inglés, como lengua de la ciencia y de la técnica, al ser la lengua empleada mayoritariamente como medio de expresión por la comunidad científica y técnica internacional.

Las investigaciones en torno al inglés científico-técnico que he seleccionado aquí atañen todas al texto escrito y en cierta medida ejemplifican distintas etapas en la descripción del inglés científico-técnico. En primer lugar, encontramos los estudios basados en índices de frecuencias que pretendían descubrir las características formales que identifican el lenguaje de la ciencia y de la técnica.

(58) Datos tomados de Keulen (1986, 156).

Aunque estudian el texto, sus hallazgos están esencialmente al nivel de la oración y se limitan al aspecto formal. En segundo lugar, he escogido el trabajo de Trimble que amplía la unidad de análisis al párrafo y hace depender la forma de la función. En tercer lugar, menciono otro trabajo decisivo a la hora de reconocer la importancia de la función, y en concreto de la intención del escritor. Se trata del estudio de Swales (1990) sobre el artículo científico. Por último, incluyo los trabajos de Halliday y Martin (1993) que vuelven a conceder importancia a los aspectos lexicogramaticales, pero ahora reconociendo su valor funcional.

2.4.1. Primeros Intentos de descripción gramatical y sintáctica

Los primeros estudios del lenguaje científico-técnico se centraban principalmente en el lenguaje escrito y tenían un propósito didáctico. Por ello, el objetivo primordial de estos estudios era identificar los rasgos formales y léxicos y realizar un estudio estadístico de las frecuencias para luego extraer conclusiones. Dentro de esta línea de trabajo están los estudios de Barber (1962), *Some measurable characteristics of modern Scientific Prose*⁽⁵⁹⁾ y el informe OSTI sobre la oración y la cláusula en inglés científico que se publica en 1968.

El trabajo de Barber pretende demostrar que las características particulares del lenguaje científico-técnico se reflejan no sólo en léxico, sino también en la sintaxis. Para ello, estudia tres textos diferentes, un libro de texto universitario de electrónica, un trabajo de investigación de bioquímica y un manual universitario de astrofísica. Su interés es eminentemente didáctico, ya que quiere descubrir aquellos aspectos de interés para el lector o profesor extranjero, y emplea una terminología gramatical tradicional. El informe OSTI (Huddleston et al. 1968), que ya he mencionado en la introducción, resulta más innovador porque representa el primer

(59) Por la gran influencia que tuvo en su momento a la hora de demostrar estadísticamente las características del inglés científico, Swales (1985) inicia con este artículo su recopilación de trabajos ilustrativos sobre el IFE.

balbuceo de la lingüística sistémica de Halliday.

Este informe, titulado «*Sentence and Clause in Scientific English*», tiene especial interés porque intenta por primera vez abordar la cohesión textual y explicar su función en relación con lo que ellos denominan «coherencia gramatical». No obstante, sus resultados se han quedado desfasados debido a la compleja terminología gramatical empleada⁽⁶⁰⁾. El trabajo consta de cuatro partes, cada una elaborada por uno de los autores. La primera, a cargo de Huddleston, estudia especialmente la estructura interna de la oración prestando especial interés al modo verbal, los verbos modales, el tiempo y el aspecto, y además a dos temas claves de la lingüística de Halliday, la transitividad y la organización temática. La segunda parte, debida a Hudson, se centra en los mecanismos de enlace de las oraciones. En la tercera parte, Winter estudia la cohesión textual. La última parte, elaborada por Henrici, explica cómo se seleccionaron los textos y cómo se llevó a cabo el estudio estadístico y los resultados obtenidos.

Aunque el estudio trata aspectos decisivos de la condición textual como la organización temática, los mecanismos de enlace de las oraciones y la cohesión textual, no aborda el texto como tal, sino la cláusula. Los autores especifican que su análisis se refiere a las cláusulas de un corpus de 135.000 palabras y por ello presentan siempre sus datos en relación con el número de cláusulas estudiadas. El concepto de texto como tal se menciona tan sólo a la hora de clasificar los diferentes tipos analizados en cuanto al nivel de dificultad conceptual. Los textos elegidos pertenecen a tres disciplinas diferentes y se clasifican en función de tres niveles de dificultad conceptual, que denominan «*high brow*», «*middle brow*» y «*low brow*». Pero, a pesar de las importantes novedades que este estudio presentaba, sus resultados no alcanzaron la difusión esperada y el trabajo no ha resistido el paso del tiempo.

(60) Por ejemplo, su concepto de cláusula está muy poco claro, ya que en algunos casos abarca más de una oración separada por punto. Además, emplean términos descartados en la actualidad y así se refieren a las cláusulas simple y compleja con las expresiones «*simplex clause*», «*complex clause*» y también «*matrix clause*». De igual forma, a la hora de referirse a las conjunciones y a los conectores textuales utilizan términos como «*linkers*», «*binders*».

Con el mismo enfoque cuantitativo encontramos también libros de texto como el de Herbert (1965), *The Structure of Technical English*, o el de Ewer y Latorre (1969), *A Special English Course for Students of Science*. Ambos textos organizan y seleccionan el contenido gramatical del curso en función de los resultados obtenidos. La conclusión a la que llegan estos autores sobre las características del lenguaje científico-técnico es que no se aleja tanto del inglés general como parecería en un principio. En concreto, Ewer y Hughes-Davies (1971, 48) reconocen que en la gramática oracional del inglés científico la diferencia la marca únicamente la preferencia por ciertas construcciones⁽⁶¹⁾ como el presente simple, la voz pasiva y la premodificación nominal, en concreto las combinaciones de dos términos denominados compuestos nominales. Sin embargo, a pesar de esta aparente ausencia de diferencias, las existentes⁽⁶²⁾, aunque pocas, son esenciales a la hora de describir el inglés científico-técnico.

2.4.2. El enfoque retórico: la forma del texto depende de la función

Otro hito fundamental en la descripción del lenguaje científico-técnico es el trabajo de Trimble (1985) anteriormente mencionado como representante del enfoque discursivo. De este trabajo interesa destacar dos aspectos. En primer lugar, Trimble amplía la unidad de análisis. Abandona la oración y la cláusula y se centra en el párrafo que define como el conjunto de información que apoya una generalización y distingue dos tipos: el párrafo conceptual y el párrafo físico. El párrafo conceptual sería una definición de párrafo atendiendo al contenido informativo que éste contiene, mientras que el párrafo físico sería el fragmento de texto que se

(61) El índice de contenidos del libro de Ewer y Latorre (1969) no difiere excesivamente de los de cualquier otro curso de inglés de carácter general.

(62) Conviene destacar la validez de los hallazgos de Ewer y Hughes-Davies (1971), ya que las construcciones gramaticales presentes en el inglés científico que los autores consideran que los cursos de inglés general olvidan, como el infinitivo y forma *-ing* con valor de relativo, la premodificación nominal, los modales, las construcciones de causa y consecuencia, son las mismas que año tras año siguen planteando problemas a mis alumnos.

reconoce como tal, es decir, una definición atendiendo a la forma. El párrafo físico y el conceptual pueden coincidir, pero no siempre es así. Además de estos dos tipos de párrafos, Trimble distingue otras variedades de párrafo en función de cómo se desarrolla éste a partir de la generalización o afirmación central o tesis («core-statement»).

Aparte de la novedad que supone adoptar el párrafo como unidad de análisis, Trimble aporta otra innovación al estudio de las características textuales al distinguir entre retórica y discurso. Esta distinción es esencial para la descripción del texto específico, ya que mediante la retórica Trimble (1985, 10) intenta explicar que las características textuales son consecuencia de la organización de la información en función del lector. La retórica es el proceso mediante el cual el escritor ajusta el texto para adecuarlo a su lector, pero siempre con la intención exclusiva de presentar unos hechos o hipótesis, nunca de demostrar emoción⁽⁶³⁾ El proceso retórico comprende las técnicas retóricas y las funciones retóricas. Las técnicas retóricas constituyen el mecanismo de enlace de la información del texto y pueden ser de dos tipos: el orden natural y las relaciones lógicas. Dentro del orden natural se incluyen el orden temporal, el orden espacial y la relación causa-consecuencia. Las relaciones lógicas comprenden la relación causa-consecuencia de carácter lógico, el orden de importancia, la comparación y el contraste, la analogía, la ejemplificación y la ilustración. El interés de esta aportación de Trimble es destacado, ya que coincide en su concepción del texto con las últimas teorías sobre la estructura textual, en concreto con la Teoría de la Estructura Retórica de Mann y Thompson (1986; 1988).

Las funciones retóricas, que constituyen el núcleo del proceso retórico, son también claves para la organización del texto e influyen decisivamente en sus características léxicas, gramaticales y retóricas. Desde un punto de vista didáctico, Trimble destaca cinco funciones: la definición, la clasificación, la descripción, las

(63) Coincidiría en este sentido con la definición ya mencionada antes de Kinneavy (1971) del discurso científico como del utilizado para describir la realidad.

instrucciones y la relación entre información visual e información verbal. De estas funciones retóricas la más abundante en el texto científico-técnico es la descripción, que comprende no sólo la descripción física de los aparatos, instrumentos o sistemas que se mencionen, sino también la descripción de la función, es decir de la aplicación y funcionamiento de esos aparatos o sistemas y sus diferentes elementos y la descripción de los procesos y procedimientos que se presenten.

El resto del estudio de Trimble tiene un interés eminentemente didáctico. Las características formales de los textos científico-técnicos en las que hace énfasis son las que plantean problemas de comprensión y la tipología textual que establece con su distinción entre materiales genuinos, adaptados y semiadaptados tiene exclusivamente aplicación docente. Sin embargo, realiza una distinción esencial para la descripción lingüística de los textos especializados. Divide el inglés de la ciencia y de la técnica en dos áreas fundamentales en función de los textos que interesan: el inglés para fines académicos y el inglés para fines ocupacionales. En la práctica, la diferencia entre ambos estriba en el tipo de texto científico o técnico que interesa. En los cursos de inglés para fines académicos se prestará más atención a los libros de texto y las revistas especializadas, mientras que en los cursos de inglés para fines ocupacionales se tendrá que prestar más atención a los manuales de instrucciones y textos de aplicaciones que son los de mayor interés para los profesionales.

2.4.3. El artículo científico y sus características según la intención del escritor

El siguiente trabajo sobre el lenguaje científico-técnico que considero interesante destacar es el trabajo de Swales (1990) en torno a las características textuales del artículo científico. En este sentido, es necesario mencionar que Swales no se centra en el lenguaje científico-técnico como tal, sino en una tipología textual

específica, pero su aportación ha servido para conseguir el reconocimiento general de este género.

Swales pretende describir las características del artículo científico y, por ello, se ocupa de disciplinas muy diversas entre las que se encuentran no sólo las consideradas como puramente científicas, sino también las ciencias humanas y sociales. Contrastando los datos extraídos de la observación directa de los artículos con la información proporcionada por trabajos anteriores, Swales analiza las diferentes secciones del artículo científico y las realizaciones lingüísticas más habituales en función del tipo de información que se proporciona.

En un artículo científico, Swales distingue cuatro secciones fundamentales: la introducción, el método, los resultados y el debate. Cada una de estas secciones consta de varios «movimientos»⁽⁶⁴⁾ que pueden equivaler a una o varias oraciones y que a su vez pueden incluir varios «pasos».

Así, en la introducción, sección que Swales analizará con mucho más detalle que las otras puesto que ya la había estudiado anteriormente, estos movimientos siguen un modelo que denomina con la sigla «CARS», derivada de la expresión inglesa «*Create a Research Space*». El objetivo de esta sección, como su nombre indica es señalar el interés de la investigación y, por ello, los movimientos fundamentales son:

1. la delimitación del marco teórico,
2. la necesidad de hacer una aportación,
3. la contribución realizada.

(64) El término «movimiento» lo utilizan también otros autores. Sinclair (1985, 13-28) define un movimiento como la unidad mínima libre del discurso y los considera el equivalente de la oración en el lenguaje oral. Sin embargo, en la práctica no se pueden identificar movimiento y oración. Un movimiento puede abarcar más de una oración y una misma oración puede afectar a dos movimientos (Crookes, 1986). Entre los trabajos del lenguaje científico-técnico que emplean esta unidad podemos mencionar Salager-Meyer (1990) que estudia los movimientos de los resúmenes o «abstracts» de artículos científicos.

A su vez, estos movimientos pueden presentar varios pasos. Por ejemplo, el movimiento denominado la «demarcación del territorio» puede presentar la siguiente organización. En primer lugar, se reconoce el interés de la investigación; después, se hace una afirmación de carácter general sobre el tema o el fenómeno tratado para destacar su complejidad o su carácter frecuente; finalmente, se menciona alguna autoridad que haya investigado antes el tema. Estos pasos son opcionales. En concreto, Swales menciona un estudio de 15 introducciones de una publicación de la IEEE sobre avances informáticos. De estas quince, cuatro no incorporaban el tercer paso. Esto se explica por condiciones propias de la disciplina informática que hacen que las referencias a trabajos anteriores no sean imprescindibles.

Swales (1990, 121) descubre que las características particulares de cada sección varían dependiendo de cada disciplina. Esto es evidente en la sección del método que tiene como única característica común, un resumen muy elaborado de los resultados finales. Al hablar de secciones como la discusión o los resultados⁽⁶⁵⁾, esta diversidad se hace más notoria y en ocasiones es imposible generalizar sobre sus características. Incluso en algunos casos, las diferencias que presenta en las distintas disciplinas, y las variaciones que se observan en casos particulares han llevado a conclusiones erróneas⁽⁶⁶⁾. A diferencia del resto de las secciones, ésta última sección no goza de un reconocimiento más o menos general. Las diferentes publicaciones existentes no se ponen de acuerdo. Unas veces distinguen dos secciones. En otros casos las funden en una sola, o bien añaden otra que llaman «conclusiones», «implicaciones» o «aplicaciones», que a veces incluso resulta ser la única existente.

Por esta razón, Swales estudiará con más detalle una sección, la

(65) Swales reconoce, además, que el estudio de esta parte del artículo está en una fase muy inicial.

(66) Como ejemplo Swales (1990, 173-174) comenta un conocido artículo sobre el descubrimiento del ADN, que ha sido estudiado en numerosas ocasiones, y a partir del cual se han hecho generalizaciones un tanto falsas.

introducción, en la que distingue ocho⁽⁶⁷⁾ movimientos que responden a la intención particular del autor a la hora de presentar la información. No voy a extenderme aquí en la descripción detallada de estos movimientos, ya que sus características no son exactamente las del tipo de artículo que aquí presento. Los artículos a los que Swales hace referencia los publican los autores cuando quieren dar a conocer sus trabajos entre la comunidad científica especializada. Los artículos que yo estudio aquí son sobre descubrimientos que gozan ya de reconocimiento entre los especialistas y normalmente se han publicado con anterioridad en otras revistas de mayor especialización; ahora se trata de ampliar su reconocimiento.

Me interesa destacar una condición del artículo científico que el trabajo de Swales permite descubrir y que puede aplicarse a la hora de estudiar las características de cualquier publicación escrita. Los principales responsables de las características formales son la intención del escritor y la naturaleza de la información comunicada. Las secciones del artículo científico y los movimientos propios de cada una dependen en gran medida de estos dos factores. Así, Swales comenta que el movimiento de la introducción, «información de apoyo», aparecerá siempre que los autores del artículo quieran reforzar sus argumentos y para ello, recapitulan los puntos principales, añaden información teórica de interés o recuerdan algunos datos técnicos. De igual forma, existe otro movimiento, la «explicación», que se emplea si antes se ha mencionado un resultado inesperado, porque es entonces cuando el autor parece verse obligado a explicar su causa. También ligado a la explicación está el movimiento de la «ejemplificación», ya que presentar un ejemplo es la forma más frecuente de apoyar las explicaciones.

Pero la intención del autor puede verse mediatizada por la costumbre o la tendencia que en ese momento predomine en la comunidad científica. Es interesante comentar que las características de estas secciones pueden verse modificadas por circunstancias coyunturales. Así, Swales nos dice que la última

(67) Hopkins y Dudley-Evans (1988) señalan once movimientos.

sección de las recomendaciones es cada vez menos frecuente en los artículos científicos americanos debido a la gran competitividad que existe a la hora de conseguir subvenciones y becas⁽⁶⁸⁾. En cualquier caso, esto permite destacar la importancia de la intención del autor a la hora de construir su texto.

El trabajo de Swales sobre la estructura organizativa del artículo científico constituye una aportación fundamental no sólo al estudio del texto científico-técnico, sino al estudio del texto escrito en general. En primer lugar, supone el reconocimiento del «género» como categoría textual, de la que el artículo científico será uno de los representantes y a partir de ahora, serán muchos los trabajos que se ocuparán de ella⁽⁶⁹⁾. En segundo lugar, Swales consigue establecer la relación entre las características formales del texto y su contenido. El estudio de Swales deja claro que la estructura formal que presenta el artículo científico responde a los intereses concretos de los investigadores y está condicionada por las técnicas y procedimientos de investigación en boga en cada momento, así como por las circunstancias concretas de cada disciplina. Su trabajo indica además la importancia de la función y conecta directamente con las ideas sobre la construcción del texto elaboradas por Mann y Thompson (1986; 1988; 1992) que veremos en el próximo capítulo.

2.4.4. Los recursos argumentativos del lenguaje científico-técnico

Finalmente, mencionaré la obra de Halliday y Martin (1993), *Writing Science: Literacy and Discursive Power*. Esta obra reúne varios artículos publicados en diferentes ocasiones. Aunque en todos ellos se aborda la descripción del lenguaje científico, los trabajos reflejan los intereses particulares de cada ocasión y se les

(68) Swales (1990) nos dice que esta información se la dio personalmente Huckin.

(69) Entre otros, Berkenkotter y Huckin (1995) que como consecuencia de la noción de Swales de «comunidad de usuarios» desarrollan el concepto del «conocimiento de género» que consideran esencial en la comunicación especializada o Paltridge (1997) cuyo estudio se basa en parte en el de Swales como el mismo autor cuenta en la introducción.

podría objetar quizá que no tratan todos los temas con la profundidad deseada.

En los artículos de Halliday predomina el interés por la evolución diacrónica de la variedad y por ello, se estudian obras clásicas como *A Treatise on the Astrolabe*, de Chaucer o *Opticks, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, de Sir Isaak Newton o el clásico de Darwin *The Origin of Species*⁽⁷⁰⁾. A Martin, en cambio, le mueve principalmente un interés didáctico y, por consiguiente, para su estudio prefiere analizar los libros de texto utilizados en las escuelas australianas para enseñar asignaturas científicas⁽⁷¹⁾. Estos dos tipos de fuentes se reflejan de forma clara en los aspectos lingüísticos que cada uno destaca, aunque ambos llegan a la misma conclusión en cuanto a la característica fundamental del lenguaje científico: el predominio de la nominalización⁽⁷²⁾.

La aportación de estos autores me permite destacar cuatro características del lenguaje científico-técnico que serán de especial interés en el caso de los textos aquí analizados: la labor de la nominalización en la creación del texto y en la creación de terminología; la existencia de términos compuestos en los que la premodificación no describe, sino que especifica; la presencia habitual de verbos que establecen relaciones entre procesos nominalizados y, por último, la estrecha relación que existe entre el tipo de procesos verbales predominantes en el texto y las características formales de éste como género.

Halliday presenta la nominalización y el resto de las características del

(70) El resultado de los estudios de las obras de Chaucer y Newton que presenta en el capítulo 3 del libro había aparecido ya publicado en Ghadessy (ed.) (1988, 162-178). La obra de Darwin se estudia en el capítulo 5.

(71) Para Martin, «científico» quiere decir «especializado», como demuestra su elección de textos utilizados en la enseñanza escolar de la geografía como ejemplo de lenguaje científico. Esta disciplina se clasificaba en la enseñanza tradicional española con las humanidades y era una de las especialidades de los antiguos estudios de Filosofía y Letras.

(72) La nominalización la trataré más adelante con detalle, ya que será uno de los mecanismos de cohesión, por ello no mencionaré aquí ninguno de los problemas que plantea.

lenguaje científico como el resultado de la evolución de la argumentación científica que se había iniciado con la prosa de Newton. La nominalización tiene una doble función.

Por una parte, actúa en la creación del texto científico, ya que permite recuperar lo ya dicho para añadir lo nuevo (Halliday, 1993, 118). De esta forma, el «tema»⁽⁷³⁾ se convierte en un recurso esencial de la argumentación científica que hace posible coincidir en la cláusula, tema e información dada y rema e información nueva. Resulta así un elemento clave para la cohesión textual. El escritor parte de lo conocido por el hablante para dar a continuación la información nueva, que se convertirá a su vez en la información dada de la cláusula siguiente (Halliday, 1993, 7-8):

«... In each case a grammatical process has taken place which enables a piece of discourse that was previously presented as new information to be re-used as "given" in the course of the succeeding argument».

Por otra parte, la nominalización contribuye a la creación de la terminología científica. El avance de los conocimientos hace necesarios nombres nuevos para referirse a esa nueva realidad y la nominalización es el procedimiento habitual para crearlos. En palabras de Halliday (1993, 131):

«The second reason for nominalizing has to do with the structure of scientific knowledge. While the argument has to be dynamic (hence the flow of the text), the edifice that is constructed by it is a static one -or let us say that it embodies a synoptic rather than a dynamic representation of reality. Newtonian science has to hold the world still, to anaesthetize it so to speak, while dissecting it -if you are trying to understand something, then in the early stages of of your enquiry it is helpful it does not change while you are examining it».

(73) La noción de tema es una noción compleja que se ha definido desde perspectivas diferentes como comentaré más adelante. En este momento, sólo quiero recordar que para Halliday (1994, 37-38), el «tema» es: «... the element which serves as the point of departure of the message; ... As a general guide, the Theme can be identified as that element which comes in first position in the clause».

La importancia que la nominalización tiene como mecanismo de creación del léxico técnico la destacará también Martin. Para estudiar cómo se crea el léxico técnico, Martin analiza junto con P. Wignell y S. Eggins, el lenguaje científico utilizado para hablar de geografía (Wignell et al, 1993, 136-165) y como fuente escogen un libro de texto. En realidad, el trabajo de Martin constituye más bien un estudio de cómo se crea el léxico especializado⁽⁷⁴⁾, pero sus conclusiones son de gran interés porque, por supuesto, el lenguaje científico-técnico también será especializado.

La creación del léxico técnico⁽⁷⁵⁾ es el resultado de clasificar la realidad de una forma más detallada, con mayor conocimiento; por ello, muchos de estos nombres son compuestos que constan de un nombre y una palabra que lo especifica (Martin, 1993, 145):

«Most technical terms are nominal group constituents, usually things or Classifier^Thing compounds...This is obviously not accidental, for in order to classify and organize with language, we need first of all to turn phenomena into things or nouns. The grammar has extensive resources within the clause and nominal group structure for organizing things, but very limited resources for organizing processes».

Estos compuestos que los autores describen como «Classifier^Thing» son también habituales en el uso corriente del lenguaje pero, en el caso del lenguaje científico, su función es especificar no describir.

(74) Como ya he dicho, el hecho de que Martin escoja como materia una disciplina que tradicionalmente en España se ha considerado perteneciente a las humanidades como parte de los estudios de filosofía y letras confirma que de lo que está hablando es de la creación de léxico especializado y no del léxico propio de la ciencia y la técnica.

(75) Por tanto, el término «técnico» deberá entenderse aquí como «especializado», «propio de una disciplina concreta».

Sin embargo, lo que es más interesante es el funcionamiento de los términos en el texto. Esa nominalización por la que los sustantivos no refieren a objetos, sino a procesos va unida a lo que Martin y sus colegas denominan «secuencia de implicaciones». Esos nombres de procesos o fenómenos de los que se habla suelen conectarse mediante una relación causal (Wignell et al, 1993, 158). Se crean así secuencias de causas y efectos que constituyen la forma de «explicar» más frecuente. De esta forma, la tendencia a la nominalización en posición temática que se inició según Halliday (1993, 90) con la prosa de Newton conduce a otra característica del lenguaje científico: la expresión de las relaciones lógico-semánticas entre los procesos mediante verbos de relación, en vez de sus marcadores habituales. Se trata también de metáfora gramatical, pero en este caso la categoría gramatical afectada son los adverbios y conjunciones, que son los que habitualmente expresan las relaciones lógico-semánticas que se establecen entre los procesos. Si el proceso material que en una cláusula se ha expresado mediante un verbo reaparece en el tema de la cláusula siguiente realizado mediante un nombre, el verbo que manifiesta la relación existente entre este proceso nominalizado y el siguiente será un verbo de carácter relacional, que expresará una de las posibles relaciones entre procesos: causa, adición o contraste. Por ello, las cláusulas relacionales⁽⁷⁶⁾ serán las más utilizadas en el lenguaje científico para describir, clasificar, ejemplificar, identificar, contrastar, explicar, demostrar, etc. (Halliday, 1993, 40).

Estas características del lenguaje científico-técnico las completará Martin desde otro punto de vista, ya que está interesado sobre todo por el uso del lenguaje científico en la enseñanza escolar. Por ello, además, de la creación del léxico técnico, se ocupará de la presentación de la información científica en los libros de texto destinados al estudio de la ciencia en la enseñanza escolar y estudiará los géneros más frecuentes en la escritura científica de carácter didáctico.

(76) Para una clasificación detallada de la cláusulas en función de la transitividad, véase Halliday (1985) y Downing y Locke (1992).

Martin (1993, 187) nos dice que el tipo de género fundamental en los libros de textos de ciencia es el que él denomina «report»⁽⁷⁷⁾. La función principal de este género es organizar la información que se conoce de la realidad y por esta razón, se caracteriza por la presencia de expresiones de clasificación, descripción de la composición y de la función, enumeración de propiedades, etc. Este género muestra participantes genéricos, verbos en presente sin referencia temporal y abundancia de cláusulas relacionales. En general la primera frase del texto suele ser una generalización de carácter organizativo.

Estas características que Martin atribuye al género primordial del lenguaje científico coinciden con las descripción que los autores españoles hacen del texto expositivo y que Cassany (1995, 40) describe de la siguiente forma⁽⁷⁸⁾:

«Objetivo básico: explorar y presentar información; Audiencia: el autor y otras personas. Basado en hechos objetivos. Ámbitos académico y laboral. Informa, describe y explica. Sigue modelos estructurales. Busca claridad».

Además, en español, el texto expositivo se confirma como el propio de la comunicación científica. Miriam Álvarez (1994, 9) así lo confirma:

«Se manifiesta fundamentalmente a través de las obras de divulgación, de manuales, de textos científicos especializados y en artículos periodísticos».

(77) La traducción al español de este término «report» plantea una serie de problemas. Ninguna de las traducciones del diccionario Collins («relato», «relación», «informe», «reportaje» o «crónica») son adecuadas en este caso. En realidad, las características que Martin atribuye a este género lo hacen coincidir con el tipo de escritura denominada expositiva (Álvarez, 1994, 9-24; Cassany, 1995, 40) En este sentido, en español, el «informe» sería un tipo particular de exposición. así lo define María Moliner: «Exposición hecha de palabra o por escrito del estado de una cuestión, de lo que conviene hacer en ella, etc.».

(78) Cassany nos dice que esta información la toma de Sebranek, Meyer y Kemper (1989).

Sin embargo, a pesar de la definición de María Moliner que hemos visto en la nota 78, en español nos resulta difícil emplear el término «exposición» para referirnos a un texto concreto. Por ello, cuando Martin comenta que los libros de texto son grandes «*reports*», hablaré de grandes «informes» que constan de otros informes más pequeños. Si uno de esos informes hace referencia a procesos, surge entonces lo que Martin considera un género diferente, la «explicación». La explicación se diferencia de la exposición por una mayor presencia de verbos de acción y por el predominio de la secuencia lógica como principio organizador de las acciones. Sin embargo, coinciden en la presencia de participantes genéricos y en la utilización de formas verbales sin referencia temporal.

Cuando el texto científico no hace énfasis en la acumulación de conocimientos, sino en el método científico, los libros de texto adoptarán otro tipo de género. La presentación de experimentos se caracteriza por la utilización del imperativo para señalar las acciones que deberán llevar a cabo los alumnos y por una estructura muy clara, que comprende los pasos siguientes: objetivo, método, resultados y conclusión⁽⁷⁹⁾. Pero, el experimento puede también adoptar la apariencia de una narración, en la que los imperativos son sustituidos por verbos en pasado y en las secciones del método y de los resultados, los participantes y las acciones se personalizan. Además, especialmente en la sección del método, destaca el uso de la voz pasiva para conseguir la continuidad temática de forma que el punto de partida de cada cláusula sea el experimento en sí.

Finalmente, Martin añade como géneros que pueden aparecer ocasionalmente en los libros de texto de ciencias, la biografía, la argumentación⁽⁸⁰⁾ y la

(79) Como vemos coincide con las secciones del artículo científico de Swales (1990).

(80) El término que utiliza Martin (1993, 196) en este caso es «*exposition*», pero la descripción que hace del género permite que podamos referirnos a él en español como argumentación: «*Exposition is a genre which is used to present arguments in favour of a position that needs to be argued for*». Hay que tener en cuenta, además, que yo he empleado el término «exposición», para lo que Martin decía «*report*».

narración. Sin embargo, Martin⁽⁸¹⁾ nos dirá que la argumentación se utiliza muy poco en la ciencia⁽⁸²⁾; el discurso científico se caracteriza por el predominio de cláusulas relacionales y la explicaciones de procesos.

Como conclusión de este capítulo sobre el lenguaje científico-técnico es conveniente comentar que en la actualidad, su estudio sigue la tendencia aquí señalada. Los trabajos van más allá de la forma y pretenden explicar cómo las características formales responden a la cultura, la ideología, y los intereses concretos del autor del texto⁽⁸³⁾.

(81) Véase Martin (1993, 266-267).

(82) Evidentemente, esto no es así siempre. Es necesario tener en cuenta que Martin está analizando textos didácticos. Sus conclusiones serían diferentes si analizase artículos científicos. Como ejemplo de la presencia de la argumentación en el lenguaje científico, puede verse, entre otros, el trabajo de Horsella y Sinderman (1992).

(83) Véase, por ejemplo, Berkenkotter y Huckin (1995) o Lerat (1997).

III. ALGUNAS MATIZACIONES SOBRE EL TEXTO ESCRITO

Además de ser lenguaje científico-técnico, los textos objeto de estudio aquí, coinciden en ser una muestra de lenguaje escrito. Esta distinción hace referencia al canal elegido para comunicarse. En concreto, se refiere a la utilización de la escritura en contraposición a la voz para la transmisión del mensaje⁽⁸⁴⁾. Sin embargo, los rasgos lingüísticos de los textos no están condicionadas totalmente por el medio de transmisión, ya que si grabásemos los artículos en cinta sería lenguaje oral, pero conservarían gran parte de sus características⁽⁸⁵⁾. La condición que unifica y caracteriza estos textos es el hecho de ser texto continuo⁽⁸⁶⁾ y más en concreto monólogo.

3.1. EL ESTUDIO DEL TEXTO ESCRITO

Son muchas las corrientes que se han interesado por el estudio del texto con independencia de que se transmita por escrito u oralmente. En algunos

(84) Algunos de los estudios realizados hasta esa fecha en torno a la distinción entre lenguaje oral y lenguaje escrito se revisan en Tannen (1982). Estudios posteriores de interés son Couture (1986) y Halliday (1989).

(85) Esta afirmación no es del todo cierta. Uno de los temas de interés que me ha sugerido este estudio de la cohesión es si un texto que se va a oír exigirá diferentes patrones de cohesión.

(86) Creo interesante destacar que la división esencial de cara a la cohesión no es lenguaje oral/lenguaje escrito, sino monólogo/diálogo o prosa/conversación.

casos, los estudios del texto se ocupan de variedades que pueden ser lenguaje oral o lenguaje escrito. Así ocurre con muchos de los estudios sobre el texto narrativo que se ocupan de relatos orales.

El estudio del texto escrito ocupó siempre un lugar importante en la investigación lingüística, ya que durante mucho tiempo fue la única fuente de datos sobre el lenguaje en general. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones el objeto de estudio no era el texto en sí, sino la oración o la palabra. El desarrollo de nuevas tecnologías como la grabación, la sintetización de voz por ordenador, etc., que permitían recoger datos sobre la lengua hablada, aparentemente relegaron el texto escrito a un segundo plano.

No obstante, muchos lingüistas comenzaron a interesarse por el lenguaje escrito para desentrañar un tema que hasta entonces había permanecido relegado, la condición textual. Entre las aportaciones que se interesan por descubrir las verdadera naturaleza del texto y resolver algunos de los problemas pendientes, destacan la lingüística del texto (Beaugrande and Dressler, 1981; Bernárdez, 1987; 1995), el análisis del discurso (Grimes, 1975; Stubbs, 1983; Brown y Yule, 1983), la gramática sistémica-funcional (Halliday, 1985; Halliday y Hasan, 1976; 1989), los trabajos de muchos otros autores como Hoey (1983), Sinclair (1985; 1993; 1994) y la teoría de la estructura retórica (Mann y Thompson, 1987, 1989, 1993). También debo mencionar que el texto escrito es el principal objeto de interés de los estudios sobre traducción⁽⁸⁷⁾ y la enseñanza de la redacción⁽⁸⁸⁾.

El estudio del texto está dominado por el problema de la definición del

(87) Los estudios de traducción se ocupan fundamentalmente del texto escrito. Los ejemplos que se recogen en ese clásico de la teoría de la traducción que es Nida y Taber (1969) están tomados de la biblia. Pero, más recientemente, lo observamos en García Yebra (1982) cuyos ejemplos de traducciones son lenguaje escrito. Como lo son también los ejemplos que menciona Baker (1992) cuando estudia la cohesión en la traducción.

(88) Un trabajo interesante sobre los orígenes de la enseñanza de la redacción y su evolución es el artículo de Nystrand et al. (1993).

concepto de texto y la elaboración de una tipología textual. Los primeros trabajos sobre la condición de texto y sus características los inician los traductores de la biblia⁽⁸⁹⁾ que se dan cuenta al traducir a diferentes lenguas las historias en ella narradas que la traducción no sólo se ve afectada por las palabras y las oraciones, sino también por la organización adoptada por la narración. Estos primeros estudiosos del texto establecían un paralelismo entre texto y oración y de esta forma pretendían descubrir una gramática del texto⁽⁹⁰⁾ similar a la gramática de la oración⁽⁹¹⁾. Sin embargo, la existencia en el texto de una organización o estructura⁽⁹²⁾, aunque sea una característica común a la mayoría de los textos, no explica su naturaleza.

Un texto no se caracteriza tan sólo por presentar una estructura que permita reconocer su principio y su final. De igual importancia, es la unidad que se percibe en él. La conocida definición de Halliday y Hasan (1976, 1) que afecta tanto al texto escrito como oral lo deja claro:

«The word TEXT is used in linguistics to refer to any passage, spoken or written, of whatever length, that does form a unified whole».

Lo difícil es explicar cómo se consigue esa unidad. Para De Beaugrande y Dressler (1981), se manifiesta en la textualidad, que se logra cuando un texto cumple una serie de condiciones. Para Halliday y Hasan (1976) y Hasan (1978; 1979; 1989), la unidad se percibe gracias a la presencia conjunta de dos propiedades: la textura y la estructura y se complementa con el contexto. La idea de que todo texto

(89) Así lo confirman Grimes (1975, 6-11) y posteriormente Hoey (1983, 191-194).

(90) Entre las corrientes interesadas en buscar ese principio organizativo del texto podemos destacar la lingüística del texto y el análisis del discurso.

(91) El mismo Grimes (1975,6) nos dice: *«As mentioned, some of the relationships that we find between sentences are the same as those we find between elements of a single sentence».*

(92) Como afirman de Beaugrande y Dressler (1981, 23), este interés por el texto en sí y el deseo de establecer tipologías de estructuras textuales olvidaba que el texto es algo dinámico que crean los interlocutores en la actividad social.

se enmarca en un contexto es fundamental. El texto existe porque lo crean unos interlocutores; es el resultado de la interacción social. Por ello, posteriormente, Halliday y Hasan (1989, 10) basarán la definición de texto en otra condición, su carácter útil. Será texto toda expresión pronunciada con una intención determinada en un contexto específico:

«We can define text, in the simplest way, perhaps, by saying that it is language that is functional. By functional, we simply mean language that is doing some job in some context, as opposed to isolated words or sentences that I might put on the blackboard. (These might also be functional, of course, if I was using them as linguistic examples)».

En esta idea incide especialmente Bernárdez (1995a, 73) al decirnos que el texto es una *«unidad comunicativa; es decir, una unidad de uso del lenguaje»*. Eso es lo que caracteriza al texto y lo diferencia de una oración.

En definitiva, todas las corrientes perciben que la idea de texto se reconoce por dos condiciones: su carácter unitario y útil. Sin embargo son varios los problemas que se plantean, desde cómo denominar esa unidad supraoracional hasta explicar qué elementos la integran⁽⁹³⁾ y cómo se encajan para conseguir la organización textual.

3.2. LA DENOMINACIÓN DE LA VARIEDAD DE TEXTO ESCRITO

Si en el capítulo anterior he mencionado la dificultad de denominar la variedad, los problemas no son menores a la hora de buscar un término apropiado para referirse al texto escrito. Ésta no resulta una denominación suficientemente

(93) La oración, la cláusula, la proposición e incluso el párrafo coexisten como unidades de análisis textual en diferentes enfoques.

indicativa; tampoco lo es la de texto seguido, aunque nos permita imaginarnos mejor la forma que presentan los textos analizados y resulte la idónea de cara al estudio de la cohesión. Intentos de precisar más el tipo de texto escrito como texto expositivo o texto descriptivo resultan discutibles. Se han realizado clasificaciones muy variadas que responden a intereses muy diversos, ya que del texto escrito se han ocupado no sólo los lingüistas, sino también los retóricos y los profesores de redacción.

Incluso la misma denominación «tipo de texto» plantea problemas. Para algunos autores, esta noción se enfrenta a la de «género», ya que ambas denominaciones parecen competir por la misma categoría⁽⁹⁴⁾. La noción de «tipo de texto» responde a la creación de un arquetipo textual reconocido por los hablantes de dicha lengua y las características formales del «género» son consecuencia de los intereses concretos de una comunidad discursiva (Swales, 1990, 58; Bhatia, 1993, 13; Berkenkotter y Huckin, 1995, 21-24).

El estudio de formas textuales genéricas, de organización y características similares, no es algo reciente. Aristóteles en su *Retórica*⁽⁹⁵⁾ reconocía ya la existencia de diversos géneros oratorios y distinguía entre tres tipos de discurso: el deliberativo, el epidíctico o demostrativo y el judicial, cuyo nombre refleja ya criterios funcionales. Sin embargo, a pesar de esta tradición, no se puede afirmar que se hayan llegado a resultados concluyentes sobre las tipologías textuales.

Los manuales de redacción y estilo han atendido a un criterio esencialmente formal y así distinguen fundamentalmente cuatro tipos básicos de escrito: la narración, la descripción, la exposición y la argumentación. La distinción de estos cuatro tipos atiende fundamentalmente al modo de presentar la información y son, para algunos autores, «tipos de escrito» (Álvarez, 1993; 1994). En el texto narrativo, un narrador relata uno o varios hechos que le han acontecido en un

(94) Recuérdese lo comentado en el capítulo anterior.

(95) La edición consultada es la traducción de Q. Racionero (1990) para la editorial Gredos.

momento dado; en el descriptivo se presenta la realidad tal y como el escritor la ve; el texto expositivo razona por qué son así las cosas y en el texto argumentativo, el autor intenta convencer al lector de que la realidad es como él la presenta⁽⁹⁶⁾.

Estos tipos se encuentran en todos los estudios realizados, aunque en algunos casos se hayan incorporado a clasificaciones más delicadas o se hayan matizado. Los distinguía ya Kinneavy (1971), quien hacía hincapié expresamente en la finalidad del texto como el criterio fundamental a la hora de organizar la clasificación. Kinneavy habla del discurso que hace referencia a la realidad, «*reference discourse*»; del discurso persuasivo que pretende convencer al lector; del discurso literario que crea una realidad nueva y del discurso expresivo que es una manifestación personal del autor. Cada uno de estos discursos presenta a su vez variedades. Por ejemplo, el discurso «referencial» incluye el discurso informativo, el expositivo y el científico.

Esencialmente los mismos tipos los señala Longacre (1979, 30), quien menciona entre otros el discurso narrativo, la descripción de procesos, el discurso exhortativo y el expositivo⁽⁹⁷⁾. Los criterios de clasificación de Longacre son la ausencia o presencia de acciones personales y la secuencia de acciones posible, pero también considera que es un criterio esencial, la intención del escritor. Descripción, narración, exposición, argumentación e instrucciones son los tipos que Werlich (1983, 27) menciona en su gramática del texto.

En el mismo sentido, Van Dijk (1983) al hablar de la superestructura comenta que ésta contribuye a distinguir entre otros, el texto narrativo, el texto argumentativo o el tratado científico. También se encuentran estos mismos tipos en

(96) Como puede verse, las características formales de cada tipo de texto están ligadas a la intención del escritor.

(97) En concreto, los términos utilizados por Longacre son «*narrative discourse, procedural discourse, behavioural discourse y expository discourse*». Véanse Longacre (1979, 130) y Smith (1985, 230-232).

Martin (1989). Este autor distingue, en primer lugar, el relato, que define como el texto que revive el pasado, y en segundo lugar, la escritura informativa⁽⁹⁸⁾, que es aquella que nos explica cómo es la realidad. El interés de Martin por el estudio del lenguaje escrito es principalmente pedagógico y por ello, dedicará más atención a la escritura informativa, ya que es la que tiene un interés primordial en el ámbito de la educación. Según Martin, la escritura informativa puede presentar cinco formas. Éstas posibilidades son: «procedimientos», «narración», «descripción», «informe», «exposición» y «argumentación»⁽⁹⁹⁾, en función de la postura que el escritor adopta con respecto a la realidad de la que habla. En definitiva, Martin considera la intención del escritor el criterio fundamental.

Este aspecto funcional que destaca la intención de la acción de escribir y la audiencia a la que se dirige el texto está presente en la clasificación de Cassany (1995, 40), autor que adapta el esquema de Sebranek, Meyer y Kemper (1989). En primer lugar, se distinguen cinco tipos de escritura: la escritura personal, la funcional, la creativa, la expositiva y la persuasiva, y para cada uno de estos tipos se reconocen una serie de formas textuales habituales. Por ejemplo, la denominada escritura expositiva, es decir, aquella que pretende explorar y presentar información, presentará como formas textuales más habituales, los informes, los exámenes, las cartas, los ensayos, los manuales, la literatura científica, las noticias, las entrevistas, las normativas y las instrucciones. Esta clasificación es interesante porque nos sensibiliza

(98) El término que utiliza Martin (1989) es «*factual writing*». La dificultad de traducirlo literalmente al español, en donde la expresión escritura de datos no diría mucho, hace que prefiera la traducción de «escritura informativa». No obstante, he de comentar también que empleo el término «escritura» con cierta insatisfacción. En español parece aludir a la acción de trazar los caracteres gráficos frente al término «redacción» que alude más claramente a la composición del texto, sin embargo, la expresión «redacción informativa», parece recordar a la redacción de un periódico.

(99) Los términos empleados por Martin (1989) son «*procedures*», «*descriptions*», «*reports*», «*explanation*» y «*exposition*». Traducir al español estas denominaciones plantea varios problemas. Entre ellos, podemos mencionar el ya citado en el capítulo anterior que el tipo de texto que Martin denomina «*explanation*» parece corresponder en español al texto expositivo, mientras que el denominado «*exposition*» se identifica con el «*argumentativo*». La descripción que Martin hace en este trabajo de los diferentes géneros está en la misma línea del de Longacre.

ante el hecho de que por un lado está la acción de escribir y por otro, el texto y su aspecto formal, y que las dos variables pueden combinarse.

Un ejemplo de clasificación combinada es la realizada por Durieux (1991, 39-52) en el ámbito de la traducción. Durieux considera primero la finalidad para después tener en cuenta apreciaciones más refinadas. Haciendo referencia concreta al texto científico, Durieux menciona seis tipos de discurso científico: especializado, semidivulgativo, divulgativo, pedagógico, de estilo de memoria o tesis y administrativo.

Uno de los principales problemas que surge a la hora de clasificar un texto es la terminología empleada, ya que los autores a veces usan un mismo término para referirse a categorías diferentes. Un ejemplo ya comentado es el caso de Martin (1989), quien denomina «*exposition*» al género que parece corresponder al denominado en español, texto argumentativo⁽¹⁰⁰⁾. Además, cuando se pretende clasificar ejemplos numerosos de textos, cualquier denominación resulta ambigua y surge la necesidad de crear nuevas distinciones y subtipos. Grabe (1987) expone la dificultad de emplear como etiqueta el término «*expository prose*», texto expositivo en este caso, y la necesidad de identificar los diferentes tipos que se pueden agrupar bajo este género. Grabe (1987, 115-137) somete varios textos a un análisis estadístico y concluye que se puede admitir la existencia de un género expositivo, pero que este género agrupa diferentes subtipos. Otro autor que insiste en esta idea es Biber (1989) quien en su estudio de los tipos de texto, encuentra necesario distinguir tres tipos de texto expositivo: el «intercambio de información», el «texto expositivo culto» y la «persuasión comprometida»⁽¹⁰¹⁾.

Un segundo problema es la dificultad de encontrar textos puros. En un texto expositivo, abunda con frecuencia la descripción y es posible encontrar

(100) Véase la nota 80, pág. 52.

(101) Los términos que emplea Biber (1989) son «*informational interaction*», «*learned exposition*» e «*involved persuasion*».

fragmentos clasificables como narrativos. El estudio de las tipologías textuales confirma la idea de que toda clasificación de una realidad que es cambiante adolece siempre de fallos, puesto que toda clasificación es de por sí estática. En la práctica es casi imposible encontrar esos tipos de textos puros. Algunos autores han intentado explicar la inexistencia de textos reales prototípicos valiéndose de teorías vigentes en otros campos de la ciencia como hace Bernárdez (1995a, 161) acudiendo a la Teoría de Catástrofes o a la termodinámica. Bernárdez (1995b) nos dice que el texto es un sistema complejo, dinámico y abierto⁽¹⁰²⁾ y, por ello, se verá afectado por la influencia de múltiples factores externos.

Una explicación que soluciona la dificultad de encontrar un texto puramente narrativo, o descriptivo o expositivo es el trabajo de Adam (1987). Adam acertadamente considera que la distinción entre texto narrativo, descriptivo, argumentativo o explicativo-expositivo entre otros, afecta, en realidad, no al texto en sí como un todo, sino a secuencias textuales. En la práctica los textos están formados por varias secuencias bien de un sólo tipo o de varios. Estas secuencias pueden articularse de diversas formas, pueden insertarse unas en otras y existir una secuencia dominante. Es en ese caso, cuando existe una secuencia claramente dominante, que el texto en cuestión admite sin problemas su clasificación.

3.3. EL TEXTO CONTEMPLADO COMO PRODUCTO O COMO PROCESO

A lo largo de este capítulo he estado hablando continuamente del texto. Es necesario ahora volver a mencionar otro término muy empleado en muchos de los trabajos sobre el tema. Se trata del «discurso» al que ya me he referido en el

(102) Bernárdez (1995b, 138) aprovecha también estas características para establecer una analogía entre el lenguaje y la ecología: «*En todo caso, la analogía puede establecerse sobre la base de la consideración del lenguaje como sistema complejo, dinámico y abierto*». La expresión subrayada corresponde a la utilización de la cursiva por parte de Bernárdez.

apartado 3.2 del capítulo anterior. En ese capítulo he comentado la contribución del análisis del discurso al estudio del lenguaje científico-técnico; aquí me interesa destacar la perspectiva novedosa que la noción de discurso aporta al estudio del lenguaje escrito y, en concreto, al de la cohesión y la coherencia.

Aunque la distinción entre «texto» y «discurso» resulta desdeñable en la práctica, ya que los términos se emplean indistintamente para referirse a una misma realidad, algunos autores han insistido en su distinción⁽¹⁰³⁾. Su interés responde al deseo de matizar la perspectiva con la que se aborda el estudio del texto. Básicamente, se preferirá el término «discurso» para referirse al «proceso» de comunicarse, mientras que el «texto» hará alusión al «producto» o resultado de dicha comunicación, especialmente si se trata de lenguaje escrito. Ya en 1979, Widdowson (1979, 23), por ejemplo, explicaba que un mismo fragmento se considera «texto» si se contempla como un ejemplo formal de utilización de la lengua, mientras que si se atiende a su función comunicativa, se considera «discurso». De esta forma, la distinción texto/discurso conecta con otro par famoso: la oposición proceso/producto⁽¹⁰⁴⁾, que en la bibliografía española suelen denominarse «enunciación» y «enunciado». Vidal Lamíquiz (1994, 10) en su obra, *«El enunciado textual. Análisis lingüístico del discurso»*, menciona este debate como uno de los más atrayentes en la actualidad:

«Dentro de los criterios actuales, es indudablemente atrayente el análisis que se ha decantado en la idea de considerar el texto bien en su "hacerse" o "proceso de enunciación" o bien en "su entidad hecha" o enunciado como resultado, ambos en vivo dinamismo».

Esta matización es decisiva para el estudio de la cohesión y está detrás del enfoque dinámico del estudio de los textos por el que abogan autores como

(103) Recuérdese lo explicado en el capítulo anterior.

(104) En este sentido se manifiestan Lozano et al., (1993). Para una explicación más detallada de la distinción proceso/producto, véase Brown y Yule (1983, 23).

Sinclair (1985) o Lavandera (1992). En concreto, Beatriz R. Lavandera (1992, 4) pretende analizar el «devenir» del texto, descubrir los movimientos que *«van permitiendo avanzar desde la primera señal lingüística que abre el texto hasta el cierre del mismo»* y critica el estudio de la cohesión de Halliday y Hasan (1976) por su carácter estático:

«Uno de los aspectos del modelo que pasamos a presentar, tiene como punto de partida el análisis de cohesión en inglés de HH. Esta relación se hace más evidente en los puntos en que nos vemos obligados a cuestionar los conceptos de texto, visto como una unidad "semántica" terminada para pasar a una explicación dinámica del proceso de devenir texto que es una combinación de estrategias pragmáticas en desarrollo».

Esta crítica al estudio de Halliday y Hasan se encontraba ya en Brown y Yule (1983, 24):

«In this view there are producers and receivers of sentences, or extended texts, but the analysis concentrates solely on the product, that is, the words-on-the page. Much of the analytic work undertaken in "textlinguistics" is of this type. Typical of such an approach is the "cohesion" view of the relationships between sentences in a printed text (e.g. the approach in Halliday & Hasan 1976)...».

La denominación de «discurso» para referirse al texto como proceso viene avalada por su etimología⁽¹⁰⁵⁾. El vocablo alude al hecho de comunicarse, a lo que está pasando y, por lo tanto, hace hincapié en la relación que se entabla entre emisor y receptor. El estudio del discurso así concebido se centrará en la relación entre forma y función y contemplará la posibilidad de que la intención del emisor sea la que determine el valor de la comunicación. Esta matización desembocará en el

(105) «Discurso», «discourse» y la denominación francesa «*décour*» proceden de la palabra latina «*discurrere*», «correr acá y acullá» (Corominas y Pascual, 1989).

enfoque pragmático⁽¹⁰⁶⁾ y la teoría de la pertinencia⁽¹⁰⁷⁾.

El término «texto»⁽¹⁰⁸⁾, por el contrario, parece preferirse para aludir al producto preferentemente y se utilizará, por tanto, para hacer hincapié en la constatación de la comunicación, sobre todo si ésta tiene lugar por escrito. No obstante, los mismos autores que definen así el término se preocupan por aclarar que «texto» se puede utilizar también para referirse a composiciones orales⁽¹⁰⁹⁾.

De lo dicho anteriormente se deduce, pues, la importancia de la distinción entre proceso y producto porque aporta una doble perspectiva esencial para cualquier estudio del lenguaje y sus manifestaciones: la distinción entre un enfoque dinámico y otro estático de la condición textual. La secuencia de oraciones que constituye el texto⁽¹¹⁰⁾ o el discurso puede observarse como el «producto» al que ha dado lugar un «proceso» o como el «proceso» que permite crear el «producto». Por esta razón, las nociones de texto y discurso no son incompatibles, suponen tan sólo dos perspectivas diferentes del mismo objeto. De hecho, para muchos de los autores interesados por el estudio de fenómenos textuales específicos como la

(106) Algunos de los trabajos que se ocupan de la pragmática son Leech (1983), Levinson (1983), Schlieben-Lange (1987), Reyes (1990), Blakemore (1992) y Escandell (1993). Por su especial interés de cara al estudio de la cohesión y la coherencia, podemos mencionar Green (1996).

(107) Véase la obra de Sperber y Wilson (1986). Aunque en la bibliografía española abunda la traducción de «relevancia», prefiero hablar de «pertinencia», porque expresa mejor el significado de la palabra inglesa «*relevance*».

(108) Para un estudio de las diferentes definiciones de texto, véase el capítulo 3, en Bernárdez (1982).

(109) Véase Halliday y Hasan (1976) y Halliday (1994, xxii).

(110) El mismo Halliday (1989, 10) afirma que el «texto» puede contemplarse desde una doble perspectiva, como «producto» y como «proceso»: «*The text is a product in the sense that it is an output, something that can be recorded and studied, having a certain construction that can be represented in systematic terms. It is a process in the sense of a continuous process of semantic choice, a movement through the network of meaning potential, with each set of choices constituting the environment for a further set.*».

cohesión o la coherencia, «texto» y «discurso» son casi equivalentes⁽¹¹¹⁾. Si en este trabajo utilizo el término «texto» es simplemente por la tendencia a preferirlo para referirse al lenguaje escrito y al monólogo. Sin embargo, debo mencionar que la perspectiva adoptada para el estudio del texto y su cohesión lo haría merecedor de la denominación de discurso, ya que el principal objetivo del estudio de la cohesión es descubrir el mecanismo de enlace de las oraciones que permite hacer avanzar la información desde lo conocido a lo desconocido. De igual forma, como ya notaron Halliday y Martin (1993, 21) las innovaciones técnicas permiten estudiar el lenguaje escrito de forma dinámica. En este caso concreto, el ordenador me ha permitido desplazarme por el texto y observarlo desde una perspectiva nueva que la lectura tradicional sobre el papel no facilitaba.

3.4. LA TEXTUALIDAD Y LA TEXTURA O LA CUALIDAD DE SER TEXTO

El estudio de la cohesión textual obliga a revisar algunos de los conceptos empleados para referirse a la cualidad o condición de texto.

Para la gramática del texto (De Beaugrande y Dressler, 1981), la noción que determina las condiciones que debe cumplir un texto es la textualidad. Esta noción pretende explicar por qué unas secuencias de oraciones se consideran «texto» y otras no.

Según De Beaugrande y Dressler (1981) para que se perciba la

(111) Lavandera (1988, 10) nos dice que para la mayoría de los estudiosos de la cohesión y coherencia el término «discurso» se utiliza como sinónimo de «texto»: *«I should begin by pointing out that the term "discourse" has been used in the literature of the last decade as the synonym of two terms with quite different meanings: "situated speech" and "text"... Indeed, "discourse" (in the latter definition) constitutes the sole object of study of most work in discourse analysis, whose purpose (abstracting away from various differences among its practitioners) is to understand the difference between a collection of unconnected sentences and a well-formed text (for a good example, see van Dijk, 1977)».*

textualidad, un texto debe cumplir una serie de condiciones. En primer lugar, mencionan la «cohesión» que hace referencia a la organización secuencial del texto y, específicamente, al establecimiento de relaciones gramaticales entre los elementos de éste. En segundo lugar, destacan la «coherencia» que existe cuando la relación entre dos elementos del texto no se establece mediante las expresiones empleadas, sino gracias a un factor ajeno a la expresión lingüística, los conocimientos que el receptor posee. Como ejemplo de esta relación basada en el contenido y no en la expresión lingüística, de Beaugrande y Dressler presentan las relaciones de causalidad, puesto que esta relación se establece gracias a que diferentes hechos influyen entre sí. La tercera condición es la «intención» del texto que alude a la existencia de un emisor que pretende conseguir algo con su mensaje. Esta «intención» deberá ir acompañada de la siguiente condición, la «aceptación» o reconocimiento, por parte del receptor, de ese mensaje. Otro requisito imprescindible para clasificar un texto como tal es que proporcione información nueva. De Beaugrande y Dressler consideran que un texto no podrá considerarse como tal, tanto si el receptor conoce de antemano todo lo que el texto dice como si, por el contrario, el contenido le resulta totalmente ajeno e incomprensible. La siguiente condición esencial para la textualidad es que el texto surja como fruto de una situación concreta. Finalmente, existe un último requisito, la «intertextualidad». Esta propiedad hace referencia a la relación de unos textos con otros. Un texto se reconoce como tal porque forma parte de otro más extenso, o porque sus características son similares a otros.

Estas siete condiciones constituyen temas claves de la investigación textual, aunque, en algunos casos, es discutible que sean realmente esenciales para considerar un texto como tal. Por ejemplo, es evidente que el hecho de que la información del texto sea ya conocida por el oyente no es razón para que ese texto deje de ser texto; será tan sólo una razón para que su lectura no interese a ese lector en particular. Evidentemente, un mismo texto puede o no cumplir determinada condición en función del receptor concreto en el que se esté pensando y no por ello dejar de ser texto.

La «textura» es el término que adoptan Halliday y Hasan (1976, 2) para referirse a la cualidad de «ser texto»:

«A text has texture, and this is what distinguishes it from something that is not a text. It derives this texture from the fact that it functions as a unity with respect to its environment».

En este sentido, podríamos considerarla como un nuevo término para referirse a la condición de textualidad de De Beaugrande y Dressler. Sin embargo, su alcance, como veremos, será menor, ya que parece hacer referencia esencialmente al contenido textual (Halliday y Hasan, 1976, 72-74):

«... to take texture, first, it is the property of connectedness, arising from the establishment of certain cohesive ties between the (components of) distinct individual messages in a text».

La textura hace referencia a las relaciones semánticas que se establecen en el texto y por ello está en estrecha relación con el concepto de cohesión, con el contenido del texto y con la percepción de su coherencia por parte del lector. Halliday y Hasan (1976, 2) nos dicen en *Cohesion in English*:

«What we are investigating in this book are the resources that English has for creating texture».

Los lazos de cohesión que se establecen entre las palabras⁽¹¹²⁾ del texto son el medio de conseguir la textura. Pero, la relación entre la «cohesión» y la «textura» no queda clara⁽¹¹³⁾ e incluso parece que Halliday y Hasan (1976, 79) los consideran en algunas ocasiones términos equivalentes:

(112) Esto es especialmente evidente en el enfoque léxico de Hasan (1979, 1989). En él se basarán posteriormente autores como Hoey (1991).

(113) Martin (1992, 382-383) comenta las diferentes concepciones de la textura y los diferentes términos que Halliday y Hasan utilizan para referirse a la coherencia.

«But texts cohere; so cohesion within a text - texture - depends on something other than structure. There are certain specifically text-forming relations which cannot be accounted for in terms of constituent structure».

En la obra conjunta de 1989, el término aparece mencionado sólo en la parte de la obra que se debe a Hasan⁽¹¹⁴⁾ quien nos dice que la textura (Hasan, 1979, 370; 1989, 72) se consigue mediante las relaciones semánticas que se establecen entre las palabras del texto y aquí la equivalencia con «cohesión» parece evidente. La única diferencia que Hasan parece establecer entre uno y otro término es la siguiente: «textura» es el término empleado para referirse a la propiedad o cualidad que poseen los textos, mientras que «cohesión» es el nombre que reciben los procedimientos que crean las relaciones semánticas que logran esa textura (Hasan, 1989, 71):

«The texture of a text is manifested by certain kinds of semantic relations between its individual messages».

La textura, sin embargo, nos dicen Halliday y Hasan (1976, 23), no es la única condición que acredita un texto, es necesario que se complemente con el contexto situacional⁽¹¹⁵⁾:

«Just as one can construct passages which seem to hang together in the situational-semantic sense, but fail as texts because they lack cohesion, so also one can construct passages which are beautifully cohesive but which fail as texts because they lack consistency of

(114) Halliday (1989, 10-12) en su explicación de la noción de texto insiste fundamentalmente en su carácter funcional y en la relación con el contexto. El texto es un proceso, ya que lo crean los interlocutores al comunicarse. Pero, también es el producto de la interacción entre ellos y como tal puede ser objeto de estudio y análisis.

(115) La noción de contexto situacional es esencial para lograr la textura, ya que además de él depende la estructura (Hasan 1979; 1989).

register - there is no continuity of meaning in relation to the situation. The hearer, or reader, reacts to both of these things in his judgment of texture».

Esta es quizá la causa de la ambigüedad de la textura, ya que la noción de contexto situacional abarca muchos factores que influyen de modo global en las características del texto. Además, la forma de manifestarse la relación entre la textura y el contexto situacional no está nada clara, aunque los autores afirmen que se realiza a través de la estructura (Hasan, 1989).

3.5. EL TEXTO COMO UNIDAD FORMAL: LA ESTRUCTURA DEL TEXTO

El término «estructura» se emplea en lingüística para referirse a realidades muy diferentes. A pesar de esto, todos los autores interesados por el estudio del texto reconocen la existencia de una estructura textual⁽¹¹⁶⁾. En relación al texto se perciben dos tipos diferentes tipos de organización y a distintos niveles: la organización del texto en apartados y la organización secuencial de las oraciones.

En primer lugar, se habla de «estructura» principalmente para referirse a los distintos apartados que pueden reconocerse en el texto: las secciones características de aquellos textos o géneros que tiene una organización clara. Esta organización del texto en secciones se había percibido ya en la antigüedad clásica⁽¹¹⁷⁾ y en la actualidad podría equipararse al concepto de «configuración contextual» de Hasan (1978; 1979; 1989) o a la estructura esquemática de Swales (1990).

(116) Insisten especialmente en esta idea los autores preocupados por el estudio del discurso (Fox, 1987) o por un tipo de texto o género en particular (Salager-Meyer, 1990; 1992). En el caso del lenguaje científico-técnico, Swales (1990) especifica que el artículo científico se caracteriza por poseer una estructura esquemática determinada. En esta idea insistirán también Crookes (1986), Salager-Meyer (1990) y Nwogu (1990).

(117) La existencia de una estructura textual había sido percibida ya por Aristóteles en su retórica (Racionero, 1990, 555-557) en su retórica, en donde distingue las partes del discurso.

En segundo lugar, el término «estructura» se utiliza también para referirse a otro aspecto de la organización del texto, la organización de las oraciones o cláusulas: la organización secuencial de las ideas que se presentan en dicho texto.

Son varios los autores que se interesan por la organización secuencial de las ideas, aunque algunos prefieren, en este caso, hablar simplemente de «organización» y no mencionan la palabra «estructura». Por ejemplo, Hinds (1979, 135) decide distinguir dos tipos de organización en el discurso: la organización secuencial y la organización jerárquica. Hoey (1983) también prefiere hablar de organización⁽¹¹⁸⁾ y en su obra *On the Surface of Discourse*⁽¹¹⁹⁾ estudia algunas de las formas más frecuentes de organización del discurso, entre las que menciona la organización problema-solución, el paralelismo y la secuencia general/particular. En esta obra, Hoey descarta el término «estructura» que, sin embargo, había utilizado en una publicación anterior en la que habla de la estructura textual problema-solución (Hoey, 1979). No obstante, el trabajo de Hoey constituye el antecedente de dos enfoques recientes que sí utilizan el término «estructura» para referirse a la organización de las oraciones del texto como Sinclair (1993; 1994) y Mann y Thompson (1987; 1988) y su teoría de la «estructura retórica». Estos dos estudios del texto hacen hincapié en la estructura como organización del texto, aunque cada uno destaque una dimensión diferente. Sinclair (1993; 1994) incide en la organización secuencial del lenguaje y en la forma de añadir la información nueva a la ya dada para sustituirla. La teoría de la estructura retórica de Mann y Thompson (1986; 1988; 1992) se centra, en cambio, en la intención del autor cuando presenta la información del texto.

Todos estos enfoques de la estructura revelan uno de los principales problemas que el texto plantea a los lingüistas: cómo explicar el acoplamiento de los

(118) En concreto, Hoey (1983, 34) utiliza el término «*pattern*».

(119) En esta obra, Hoey se basa en las ideas de Beekman y Callow (1974) que trabajaron la estructura de los textos bíblicos y también en las ideas de Winter (1982) en torno a las relaciones entre las cláusulas del texto.

dos tipos de organización que en él se perciben, la organización del texto en secciones ligadas al tipo de género, y la organización de las oraciones⁽¹²⁰⁾. Este problema de la organización externa, o jerárquica, frente a la interna o secuencial, es de mucho más interés en el caso del monólogo o texto continuo que en el diálogo que no se construye de forma lineal, sino en intervenciones alternativas de los participantes.

Con la noción de linealidad, el estudio de la organización del texto enlaza directamente con el tema que aquí nos interesa, la cohesión. Para algunos autores no existen casi diferencias entre la organización lineal del discurso y la cohesión y los consideran fenómenos inseparables. Así, Catalina Fuentes Rodríguez (1987, 17) insiste en la estrecha relación que existe entre la estructura organizativa del discurso y la «cohesión»:

«Nadie dispone su discurso en fragmentos inconexos, sino que le da una "organización", una estructura que lo haga inteligible a su interlocutor, una "cohesión". El hablante dispone la materia informativa en partes que se relacionan unas con otras de manera que den la visión de un todo sin fisuras».

Pero, antes de adentrarnos de lleno en el problema de la cohesión, veamos con más detalle algunos de los distintos enfoques de la estructura textual de interés en este trabajo.

3.5.1. La estructura del texto según Halliday y Hasan

En Halliday y Hasan (1976) y Hasan (1978; 1979; 1989), la estructura es el concepto utilizado para referirse a las características formales del texto y está íntimamente unido a la noción de contexto. En concreto, la estructura es la propiedad

(120) Paltridge (1997) intenta integrar estas dos tendencias organizativas, pero el alcance de su trabajo no es muy amplio, ya que limita su estudio simplemente a una sección del artículo científico, la introducción.

del texto que hace referencia a su organización (Hasan, 1978, 229) y permite reconocer si un texto está o no completo y además lo distingue de otros textos.

La estructura establece la conexión entre la textura y el contexto del que depende directamente. Hasan (1979; 1989, 53-54) insiste sobre todo en su relación con el contexto denominado cultural, ya que la existencia de una estructura reconocida para una serie de textos permite identificarlos como pertenecientes a un «género» y ese «género» responde a patrones culturales⁽¹²¹⁾. Esto es así tanto para los textos literarios como para la conversación.

Pero la estructura depende también del contexto situacional, ya que todos los textos se construyen atendiendo a los tres elementos que integran el contexto situacional: el «ámbito»⁽¹²²⁾, el tono⁽¹²³⁾ y «medio»⁽¹²⁴⁾. El ámbito hace referencia al contenido temático del texto y a la actividad social dentro de la cual ese texto se enmarca; el tono alude a la relación que se establece entre los participantes en la comunicación y el medio manifiesta el canal elegido para comunicarse. Aunque no todos los autores que se ocupan de estos parámetros

(121) Hasan (1989, 54-55) nos dice que las características de un diálogo de compra y venta están en gran parte determinadas por el contexto cultural. Está claro que el diálogo de la compra en un mercado occidental será diferente al que tendría lugar si visitáramos un zoco.

(122) Halliday emplea el término «field». Son varias las razones por las que he escogido el término ámbito como traducción. La palabra «campo» tiene, en español, muchas otras acepciones de uso más frecuente que la que aquí concierne. El DRAE recoge la acepción que aquí interesa, «*ámbito real o imaginario propio de una actividad*», como la número once. En cambio, la palabra «ámbito» de uso más restringido, recoge esta acepción como la número tres, «*espacio ideal configurado por las cuestiones y los problemas de una o varias actividades o disciplinas relacionadas entre sí*».

(123) El término original «tenor» lo he traducido por «tono», ya que ésta es la palabra española utilizada para referirse al lenguaje en función de la relación personal que se establece entre los interlocutores. Se habla así del tono familiar de la conversación, del tono coloquial y también del tono persuasivo, tono irónico, etc.

(124) El término empleado originalmente es «mode», pero he preferido traducirlo como «medio» para evitar los problemas que plantearía la polisemia del término «modo», utilizada sobre todo para el modo verbal. La palabra «medio» hace referencia a la idea primordial de este concepto: el canal utilizado y además es la traducción usual para las expresiones «the spoken mode», el medio hablado o «the written mode», el medio escrito.

presentan exactamente las mismas definiciones, estas diferencias sólo son de matiz. En líneas generales podemos decir que hay más coincidencias que diferencias y conforme ha pasado el tiempo, algunas de éstas incluso han desaparecido⁽¹²⁵⁾.

El ámbito establece que un texto sea, por ejemplo, una alabanza o una reprimenda; el tono que se trate de una conversación entre un padre y un hijo o un empleado y su jefe y el medio determinará si se trata de lenguaje hablado o escrito. De esta forma, el ámbito parece determinar los elementos obligatorios de la estructura, mientras que el tono y el medio provocan las variaciones⁽¹²⁶⁾. Por tanto, en la estructura particular de cada texto, denominada por Hasan «configuración contextual» (1989, 55-56), existirán una serie de elementos obligatorios y otros opcionales. La «configuración contextual» permite identificar los elementos que son obligatorios y los que son opcionales, descubrir en qué orden se presentan y averiguar si existe la posibilidad de que se repitan o no. Como ejemplo específico de una configuración contextual, Hasan (1989, 56-69) presenta un diálogo en un mercado⁽¹²⁷⁾. Aunque no se trata de una muestra de lenguaje escrito, resulta interesante presentarlo aquí porque sus conclusiones coinciden con otros enfoques de la estructura del texto como el de Swales (1990).

La configuración contextual de dicho diálogo se describe de la forma siguiente. El ámbito es una transacción económica en la que la mercancía es un producto de alimentación perecedero. El tono se manifiesta en una relación jerárquica entre un vendedor y un cliente al que el vendedor está subordinado. La distancia social que se establece entre ellos es casi la máxima. En cuanto al medio, se

(125) Para el estudio de las diferencias entre los diversos autores que tratan el tema, véase Young (1985) y Martin (1992, 499) quien presenta un cuadro de equivalencias de estos parámetros en varios autores.

(126) Véase Martín (1992, 504).

(127) Martín (1992, 503) menciona los antecedentes del trabajo de Hasan; en concreto el estudio realizado por Mitchell (1957) en torno al lenguaje de la compra y de la venta, que luego sistematizó Ventola (1983).

mencionan los siguientes puntos. El lenguaje desempeña una función auxiliar; se utiliza el canal sonoro y la palabra está acompañada de contacto visual. Como elementos obligatorios se distinguen, en primer lugar, la solicitud de la compra y en segundo, la aceptación de ésta por el vendedor; A éstos, se añade la acción de la venta en sí, el pago de ésta y el cierre de la transacción. Pero, también existen una serie de elementos opcionales como pueden ser la «señal de inicio de compra». Otro de los elementos que Hasan establece como opcionales es un saludo de despedida que denomina «*finis*». Como podemos ver por los ejemplos mencionados, la noción de elemento estructural (Hasan, 1985, 56) no se puede identificar con ninguna unidad gramatical en concreto, sino que hace referencia a una etapa del texto de la que se derivan ciertas consecuencias para el avance del texto:

«One thing that seems quite certain is that no neat one-to-one correspondence exists between a structural element and a clause or sentence». (Hasan, 1989, 67)

Es necesario comentar que el ejemplo de configuración que presenta Hasan es el de una conversación. Por esta razón, el texto se construye o avanza gracias a los cambios de turno. Estos cambios de turno pueden identificarse con los «movimientos⁽¹²⁸⁾» del lenguaje escrito (Sinclair, 1985; Swales, 1990). La actividad de la compra se realiza mediante la estructura organizativa de pregunta-respuesta. El estudio de la configuración contextual plantea la dicotomía de la actividad lingüística, lo que se dice en el texto, frente a la actividad real, lo que sucede en la realidad⁽¹²⁹⁾.

(128) Sinclair (1985, 13-28) define un movimiento como la unidad mínima libre del discurso y los considera equivalente a la oración. Sin embargo, en la práctica no se pueden identificar movimiento y oración. Un movimiento puede abarcar más de una oración y una misma oración puede afectar a dos movimientos (Crookes, 1986). Entre los trabajos del lenguaje científico-técnico que emplean esta unidad podemos mencionar, además del trabajo de Swales (1990), Salager-Meyer (1990) que estudia los movimientos de los resúmenes o «abstracts» de artículos científicos.

(129) Véase Martin (1992, 556). Martin al estudiar el género y su relación con la estructura esquemática menciona que en ocasiones es difícil distinguir entre secuencia de actividades y estructura esquemática.

El trabajo de Hasan sobre la configuración contextual resulta interesante por el paralelismo que guarda con otros trabajos como el ya mencionado de Swales (1990) sobre la estructura del artículo científico, ya que en su estudio, Swales elige el «movimiento» como unidad de análisis y establece unos movimientos opcionales y otros obligatorios.

3.5.2. Las superestructuras y las macroestructuras de Van Dijk

El problema existente para integrar la organización formal y la organización de las ideas en el texto conduce a que algunos autores distingan dos tipos diferentes de estructura: una estructura formal y otra de contenido. Este es el caso de Van Dijk (1977; 1983) que establece por un lado, las superestructuras y por otro, las macroestructuras. Las superestructuras (Van Dijk, 1983, 141-142) son las estructuras formales que caracterizan un tipo de texto en particular y explican su apariencia. Son esquemas que siguen los textos y determinan los tipos de construcción textual y el orden de sus diferentes secciones. Como ejemplos de superestructuras, Van Dijk menciona entre otras, la estructura narrativa, la argumentativa y el tratado científico⁽¹³⁰⁾. En definitiva, nos dice este autor (1983, 144):

«una superestructura es un tipo de esquema abstracto que establece el orden global de un texto y que se compone de una serie de categorías, cuyas posibilidades de combinación se basan en reglas convencionales».

Van Dijk (1983, 167) precisa que en algunos casos se puede hablar incluso de estructuras «institucionales»⁽¹³¹⁾, puesto que se basan en reglas o

(130) Véase Van Dijk (1983, 153-167) para más detalles sobre la estructura narrativa y argumentativa o el tratado científico.

(131) Coincide esta idea de Van Dijk con trabajos de autores ya mencionados. Así, Hasan (1989) y su configuración contextual y Swales (1990) y su noción de género que relaciona la existencia de un forma de texto específica con las normas establecidas por una comunidad de hablantes

normas propias de una determinada institución social, como por ejemplo la escuela, una organización, la Iglesia, el Estado. Un caso extremo de estructuras fijas serían los formularios y los impresos.

El segundo tipo de estructuras son las macroestructuras que, a diferencia de las superestructuras, son de carácter semántico y explican el significado global del texto. Hacen referencia en concreto a la organización del contenido y están en íntima relación con la organización de los conocimientos. La macroestructura establece la coherencia global del texto a partir de la coherencia lineal de la secuencia de oraciones (Van Dijk, 1977, 95). Por ello, la macroestructura del texto se obtiene a partir de los significados de las oraciones que lo componen. La unidad que interesa desde el punto de vista semántico para establecer la macroestructura del texto, no es la oración, sino la proposición.

Para llegar a descubrir la macroestructura, Van Dijk somete el texto a un proceso de condensación informativa mediante la aplicación de tres reglas: la supresión, la generalización y la construcción. La secuencia de proposiciones que componen el texto se somete a estas reglas de transformación de la información semántica. Mediante la supresión se eliminan, de una secuencia dada de proposiciones, todas aquellas que no son de interés para la interpretación de las siguientes. La generalización consiste en construir una proposición más general a partir de una secuencia de proposiciones más específicas a las que ésta pueda reemplazar. La regla de la construcción crea también una proposición que reemplaza toda una secuencia de proposiciones, pero en este caso es posible añadir información que aunque no aparezca en las proposiciones, sea conocida.

El proceso al que Van Dijk somete el texto es realmente un proceso de resumen que tiene como objetivo descubrir una proposición final con la que estén

determinada y más recientemente Berkenkotter y Huckin (1995) que defiende la idea de que la construcción del texto atiende a criterios propios de una comunidad de usuarios.

relacionadas todas las demás proposiciones del texto. Esta proposición es lo que Van Dijk denomina «tópico del discurso»⁽¹³²⁾ (Van Dijk, 1977, 133-134). Por tanto, para Van Dijk, el tópico del discurso es la generalización que permite organizar el contenido de una secuencia de oraciones⁽¹³³⁾.

Van Dijk (1977, 99) relaciona las macroestructuras y la coherencia con las teorías sobre la organización de los conocimientos y en concreto con la teoría de los «marcos» de Minsky (1975)⁽¹³⁴⁾. Los conocimientos convencionales que proporciona el «marco» son necesarios para la interpretación final de toda secuencia de proposiciones. Van Dijk hace referencia al proceso de encajar la información que recibimos con los conocimientos que poseemos. De esta forma, el concepto de macroestructura establece la relación entre el significado del texto, su coherencia y el conocimiento de la realidad.

3.5.3. Diferentes enfoques de la organización de los conocimientos

El concepto de macroestructura de Van Dijk enlaza directamente con las teorías sobre la organización del conocimiento. Las diferentes teorías existentes: los marcos, los guiones, o los esquemas del conocimiento se han aplicado al estudio

(132) La noción de «tópico» es bastante compleja. Admite diferentes matizaciones y en algunos autores coincide con la noción de «tema». Entre los autores que tratan el tópico pueden consultarse Brown y Yule (1983, 68-124); Givón (1983, 1-42) y Downing y Locke (1992, 224-226). En concreto, Downing y Locke (1992, 224) lo definen como «...a discourse category representing the notion "what the text, or part of the text is about"».

(133) La relación entre el tópico y la organización del texto la avalan varios trabajos. Wikborg (1985) aplica la noción de tópico del discurso de Van Dijk y su macroestructura al análisis de la coherencia en la redacción de textos de estudiantes universitarios. También Jordan (1985) y Sinclair (1993) consideran la introducción del tópico como uno de los mecanismos de cohesión.

(134) Afirma Van Dijk (1977, 99): «The set of propositions characterizing our conventional knowledge of some more or less autonomous situation (activity, course of events, state) is called a FRAME».

del texto y en particular al estudio de la coherencia⁽¹³⁵⁾. Estas teorías han sido desarrolladas principalmente por la psicología cognitiva⁽¹³⁶⁾ y la inteligencia artificial⁽¹³⁷⁾ para explicar cómo se organiza el conocimiento en la memoria, pero han sido y siguen siendo muy utilizadas por la lingüística para explicar la función que desempeñan los conocimientos en la comprensión e interpretación del lenguaje, especialmente en los estudios de la incoherencia (Tannen, 1993; Telles Ribeiro, 1994).

La teoría de los marcos de Minsky (1975)⁽¹³⁸⁾ pretende explicar cómo se almacenan los conocimientos en la memoria y la función que éstos desempeñan en la comprensión del discurso. En este sentido, los marcos son estructuras de datos sobre situaciones estereotipadas que están almacenados en nuestra memoria y a los que acudimos cuando nos encontramos ante una situación nueva.

La noción de «guión» (*script*) surge por analogía al marco de Minsky, pero con el objetivo de tratar preferentemente las secuencias de sucesos (Schank y Abelson, 1977). El alcance de los guiones se ampliará con la teoría de los escenarios de Sanford y Garrod (1981). Sanford y Garrod escogen este término porque quieren reflejar la idea de que al leer un texto la situación y las circunstancias mencionadas se convierten en el escenario que rodea el texto. En esta misma línea, nace el concepto de esquema de conocimiento (*knowledge schema*), que hace referencia a los conocimientos previos que un individuo guarda en la memoria. Estos conocimientos incluyen no sólo conocimientos sobre la realidad, sino también sobre el lenguaje y los textos.

(135) Brown y Yule (1983) presentan estas diferentes teorías.

(136) Son decisivos en este campo los trabajos de Bartlett (1932) y Rumelhat (1975) citados por Brown y Yule (1983).

(137) Destacan los trabajos de Winograd (1972), Minsky (1975), Charniak (1975) y Schank and Abelson (1977) citados por Brown y Yule (1983).

(138) Citado en Brown y Yule (1983) y Lozano et al. (1993).

La importancia que tienen estas teorías sobre el conocimiento para el estudio del texto y en especial para el estudio de la cohesión y la coherencia es decisiva. Es evidente que el lenguaje es el medio de expresión del conocimiento y por ello, en el texto, las relaciones léxicas que se establecen entre las palabras están siempre basadas en los conocimientos⁽¹³⁹⁾.

El interés de las teorías sobre la organización de los conocimientos es todavía mayor si pensamos que la cohesión es esencialmente un mecanismo contextualizador y los conocimientos son uno de los elementos constitutivos del contexto. Esta importancia será todavía más evidente en el estudio de los textos científico-técnicos, si tenemos en cuenta que se trata de textos informativos y, en cierta medida, didácticos y por ello apelan directamente a los conocimientos de los lectores para ampliarlos o modificarlos.

3.5.4. Un enfoque dinámico de la estructura del texto escrito

Un enfoque de enorme interés cuya influencia será decisiva en el análisis de la cohesión textual aplicado aquí es el estudio de Sinclair (1993; 1994). Sinclair presenta un enfoque innovador de la estructura del texto escrito que pretende integrar las nociones de cohesión, coherencia y estructura textual y adoptar al mismo tiempo ese punto de vista dinámico que algunos autores habían echado en falta en el estudio del texto de Halliday y Hasan (1976)⁽¹⁴⁰⁾.

(139) La importancia de los conocimientos se manifestará especialmente las relaciones por entidades relacionadas, es decir, entidades mencionadas como entidades conocidas de antemano. Este fenómeno se ha contemplado desde perspectivas diferentes y así corresponde a la «teoría del eslabón perdido» (Brown y Yule, 1983, 256-257), a la anáfora por metonimia (Stirling, 1996) y al tipo de referencia denominada por Martin (1992) «*relevance phoricity*».

(140) Entre los autores que comentan el carácter estático del estudio de Halliday y Hasan podemos citar a los ya mencionados Brown y Yule (1983, 24); Lavandera (1992, 4) y también a Mederos (1988, 3-18).

Dos son las características esenciales de este enfoque dinámico⁽¹⁴¹⁾.

En primer lugar, Sinclair está interesado por mostrar cómo avanza el discurso desde una «*postura*» o «*posición*» a otra de forma tal que cada oración crea el marco de la siguiente. Sinclair denomina «*posture*» (1985, 15) a cada uno de los diferentes estados que se presentan en el texto. En concreto, el enfoque dinámico del discurso contempla el texto como un movimiento continuo de una postura o posición a otra.

En segundo lugar, Sinclair pretende mostrar cómo cada componente del texto contribuye a conseguir el efecto que el escritor desea⁽¹⁴²⁾, de modo que esos cambios de posición responden a una finalidad determinada. En definitiva, Sinclair integra forma y función en un modelo dinámico del texto.

Otro aspecto importante del estudio de Sinclair es que decide considerar la oración como la unidad esencial de análisis textual. La adopción de la oración como unidad responde a razones de carácter práctico. Considerada como todo aquello que se extiende desde el último punto al siguiente, la oración es una unidad del texto que el lector percibe a simple vista, ya que los signos de puntuación resultan una marca clara. Sinclair (1993, 6) contempla el texto como el proceso que el lector interpreta oración a oración⁽¹⁴³⁾, de la misma forma que el escritor lo ha creado:

«As a convenient starting point, let us assume that the text at any moment is seen as the sentence currently being interpreted. A reader is attending to one short stretch of the text at any time (and so, no doubt, is the writer when writing - at least the writer is responsible for making the text interpretable sentence by sentence».

(141) Véase Sinclair (1985, 15-18), para la descripción de ese modelo dinámico del texto.

(142) En este sentido, el enfoque de Sinclair conectará con la teoría de la estructura retórica de Mann y Thompson (1986; 1988).

(143) Sinclair no quiere entrar en el debate de si la lectura de un texto se realiza oración a oración o el lector trabaja con unidades más pequeñas, ya que reconoce que cualquier afirmación exige aportar datos sobre factores como el movimiento de los ojos. Sin embargo, Sinclair (1993, 30) afirma que, desde el punto de vista de la creación del texto, todo autor considera la oración como una unidad completa, a continuación de la cual se debe escribir otra.

La oración es, pues, la dimensión que el escritor ha seleccionado para expresar su idea. Si dos oraciones son consecutivas⁽¹⁴⁴⁾, entre ellas existe relación. Si esa relación no está explícita, se deberá inferir. Las partículas o elementos que marcan la relación entre las oraciones denotan además la interacción que se establece entre emisor y destinatario.

Sinclair (1985; 1993; 1994) elabora, por tanto, un enfoque original de la estructura del texto como organización que integra forma y función. Aboga por un estudio dinámico⁽¹⁴⁵⁾ que explique cómo se construye el texto y cómo cada nuevo elemento contribuye a conseguir la intención del autor. Sinclair, además, tiene en cuenta la organización secuencial del lenguaje y destaca que la información nueva se añade a la ya dada para sustituirla. No voy a incidir aquí más en las ideas de Sinclair puesto que su estudio será fundamental en el enfoque de la cohesión aquí presentado y le dedico por ello una sección en el próximo capítulo.

3.6. EL PROBLEMA DE LA COHERENCIA TEXTUAL

Directa o indirectamente todos los estudios del texto se enfrentan al problema de la coherencia. La coherencia es una noción de difícil descripción como demuestra la gran cantidad de bibliografía cuyo propósito principal es explicar en qué consiste⁽¹⁴⁶⁾. Los diferentes enfoques con que se ha abordado su estudio y su propia naturaleza compleja han contribuido a crear una imagen turbia y son

(144) Las palabras tienen vida propia y dicen muchas veces más de lo que pretenden. Cuando empleo aquí «consecutivas», me refiero a dos oraciones seguidas, una a continuación de otra, y no a las oraciones entre las que se establece una relación de consecuencia.

(145) Es dinámico porque aborda el texto oración a oración, en contraposición al enfoque "estático" de Halliday y Hasan, que aborda el texto en su globalidad.

(146) Entre los numerosos trabajos cuya finalidad es definir o explicar la naturaleza de la coherencia pueden mencionarse, entre otros, los siguientes: Bellert (1970), Charolles (1983), Hobbs (1983) y Vilarnovo (1991).

numerosos los autores que reconocen la dificultad de definirla⁽¹⁴⁷⁾.

En los estudios sobre el texto, destacan dos trabajos sobre la coherencia. Los enfoques de la coherencia textual presentados por De Beaugrande y Dressler (1981) y la Teoría de la Estructura Retórica (Mann y Thompson, 1986 y 1988; Mann, Matthiessen y Thompson, 1992) intentan explicar la construcción del texto mediante las relaciones semánticas que en él se perciben.

Pero, la coherencia ha sido estudiada desde otros puntos de vista. Se ha preocupado por ella la filosofía, para la que constituye una cualidad del pensamiento lógico-formal y no una propiedad exclusiva de los textos o del lenguaje. No obstante, el estudio del pensamiento lógico-formal va ligado a su expresión material mediante el lenguaje y por ello, el tema ha preocupado mucho a los filósofos interesados en la relación lenguaje-pensamiento. Además, la coherencia ha interesado también a los psicólogos⁽¹⁴⁸⁾ y, desde la aparición de los ordenadores, es el centro de la atención de los investigadores de inteligencia artificial⁽¹⁴⁹⁾.

Estos diferentes enfoques han aportado muchas matizaciones a la coherencia⁽¹⁵⁰⁾ y originado opiniones contradictorias en cuanto a su naturaleza.

(147) Van Dijk (1977, 127) expone la complejidad metodológica que supone abordar el estudio de la coherencia desde un enfoque semántico, debido a la existencia de condicionantes pragmáticos. Desde un enfoque más práctico, en relación con el estudio de la redacción de textos, Phelps (1988, 170-182) menciona también las aparentes contradicciones en que se incurre a la hora de describir la coherencia textual.

(148) Recientemente se han publicado varios trabajos que se encuentran a caballo entre la psiquiatría y la lingüística. Entre ellos podemos citar la colección de artículos editados por Tannen (1993), y la publicación de Telles Ribeiro (1994), *Coherence in Psychotic Discourse*. En este trabajo, Telles Ribeiro, alumna de Schiffrin y Tannen, aplica las nociones de tópico y de marco para analizar la coherencia del discurso de una enferma mental.

(149) Como nos revela la obra de Grisham (1991, 11). La lingüística computacional, que recoge los intereses de la inteligencia artificial, se ocupa de todos los temas que aquí nos interesan.

(150) Por esta razón, conviene aclarar que cuando aquí menciono el término «coherencia» hago casi siempre referencia a la «coherencia textual» y por ello, utilizo preferentemente esta última expresión.

Entre los factores que contribuyen a la complejidad de su descripción podemos destacar principalmente tres: su aparente enfrentamiento con la cohesión, su dimensión extratextual y su dimensión secuencial.

3.6.1. La noción de coherencia en De Beaugrande y Dressler

El enfoque de la coherencia desarrollado por De Beaugrande y Dressler (1981) hace hincapié en la función que desempeñan los conocimientos que el receptor posee en la percepción de la coherencia⁽¹⁵¹⁾. La «coherencia», nos dicen, se percibe cuando la relación entre dos elementos del texto no se logra mediante las expresiones empleadas, sino gracias a un factor ajeno a la expresión lingüística, los conocimientos del lector.

Esta explicación es uno de los puntos débiles de la teoría por ser en cierta medida paradójica, ya que el medio esencial de acceso al conocimiento en el texto es la expresión lingüística. Resulta sorprendente que los autores hagan esta afirmación cuando al mismo tiempo nos dicen que la expresión lingüística es la que activa los conocimientos.

«A text "makes sense" because there is a "CONTINUITY OF SENSES" among the knowledge activated by the expressions of the text».

Como ejemplo de esta relación de coherencia que se basa en el contenido y no en la expresión lingüística, de Beaugrande y Dressler presentan las relaciones de causalidad, puesto que se establecen gracias a las influencias que diferentes hechos ejercen entre sí.

Los autores hacen hincapié en la necesidad de distinguir entre el

(151) Véase de Beaugrande y Dressler (1981, 84).

conocimiento y las expresiones lingüísticas que lo transmiten. El medio de conexión entre ambos es el «concepto» que recupera o activa una configuración de conocimiento. De Beaugrande y Dressler nos aclaran que su definición es operacional, es decir, explica lo que hacen los usuarios y se basa en la idea de que ante una expresión concreta los distintos usuarios de una lengua activarán los mismos conocimientos⁽¹⁵²⁾. De esta forma, el significado de un concepto será la suma de sus diferentes usos. Las discrepancias que puedan existir entre los usuarios nunca causarán problemas importantes. Si bien De Beaugrande y Dressler comentan la existencia de conceptos tan versátiles en su uso que tienen unos límites borrosos. Por esta razón, explican que la definición de un concepto supone decidir sobre la mayor o menor probabilidad de que éste se refiera a un espacio de conocimiento y esta decisión siempre se tomará en función de la relación de ese concepto con otros. De igual forma, los autores (1981, 86) mencionan la conveniencia de distinguir entre un conocimiento estable (*determinate knowledge*) que es aquel de carácter esencial a la hora de determinar la identidad de un concepto, un conocimiento denominado «típico» (*typical knowledge*) porque se percibe en la mayoría de los usos de ese concepto, pero no en todos y, por último, un conocimiento denominado accidental, ya que sólo es verdad en algunos usos.

La coherencia será el resultado de combinar los conceptos y las relaciones en un sistema formado por «espacios de conocimiento» creados en torno a «tópicos» principales⁽¹⁵³⁾. Los autores no aclaran como debe interpretarse esta noción de «tópico». Mi opinión es que se refiere simplemente al asunto o asuntos que trata un texto, como también se deduce de una mención posterior (1981, 189). Brown y Yule (1983, 124) nos dicen que parece coincidir con su noción de «*topic entity*», o entidad principal.

La percepción de la coherencia de un texto se conseguirá tras

(152) Evidentemente, esta afirmación puede rebatirse con facilidad, especialmente si pensamos en textos de una variedad como la que aquí interesa, el texto científico-técnico.

(153) Véase De Beaugrande y Dressler (1981, 94).

someterlo a una serie de operaciones⁽¹⁵⁴⁾. En primer lugar, se realiza una análisis formal del texto para descubrir las relaciones gramaticales de dependencia que se crean; Este análisis se basa en la idea de que las frases y las cláusulas del inglés pueden contemplarse como configuraciones de enlaces entre pares de elementos. A continuación, se observan las expresiones lingüísticas que se perciben en la superficie del texto, ya que son las señales que activan los conceptos. El objetivo primordial será descubrir los puntos estratégicos a la hora de procesar el texto, que los autores denominan «centros de control». Los elementos del texto candidatos a constituir centros de control son los denominados «conceptos primarios» y corresponden a:

- los «objetos», es decir, las entidades con una identidad y una constitución estables;
- las «situaciones» que consisten en configuraciones de varios objetos en sus estados habituales;
- los «acontecimientos» que son aquellos sucesos que modifican una situación o el estado de una situación
- y, por último, las «acciones» que son los acontecimientos provocados de forma intencional por un agente.

El resto de los conceptos entrarían en la categoría de conceptos secundarios que incluirían los siguientes:

- los «estados» que hacen referencia a las condiciones de carácter temporal de una entidad;
- los «agentes» que son entidades con fuerza para realizar acciones y así modificar las situaciones;
- las «entidades afectadas» que son entidades cuya situación se ve modificada por un acontecimiento o una acción.

(154) De Beaugrande y Dressler (1981) afirman que su enfoque del texto constituye un procedimiento. Véase para ello, el capítulo III, págs, 31-47.

- las «relaciones» que son una categoría residual para relaciones del tipo padre-hijo o jefe-empleado;
- los «atributos» que son las condiciones características de una entidad;
- la «localización» que indica la situación en el espacio de una entidad;
- el «tiempo» que se refiere a la situación en el tiempo de un estado o un acontecimiento;
- el «movimiento» que señala los cambios de posición;
- el «instrumento» que indica el objeto que proporciona el medio para un acontecimiento;
- la «forma» o apariencia;
- la «parte» que indica un componente o segmento de una entidad;
- la «inclusión» de una entidad dentro de otra;
- la «causa» que indica que un acontecimiento provoca otro;
- la «instrumentalidad» (*enablement*), término con el que los autores indican aquellas condiciones que permiten que luego algo suceda, pero no son su causa inmediata;
- la «razón», uno de los tipos de relación causal que se establece entre dos acciones cuando la segunda acción, aunque no es la causa de la primera, sí constituye su explicación más razonable;
- la «finalidad»;
- la «percepción», que incluye las operaciones por las que las entidades dotadas de sentidos adquieren conocimiento por medio de ellos;
- la «cognición», que incluye la adquisición, organización y utilización de los conocimientos por una entidad dotada de sentidos;
- la «emoción», que se refiere a la experimentación o evaluación de su estado por una entidad dotada de sentidos;
- la «volición», que se refiere a la voluntad o el deseo de una entidad dotada de sentidos;
- el «reconocimiento» que supone la integración con éxito de la

percepción y el conocimiento previo;

- la «comunicación», por la que una entidad dotada de sentidos puede expresar o transmitir sus conocimientos;
- la «posesión», que es la relación por la que esa entidad dotada de sentidos cree poseer o controlar otra entidad;
- la «ejemplaridad», por la que un miembro de una clase hereda todas las características de esa clase, a excepción de las que por alguna razón en ese momento estén canceladas⁽¹⁵⁵⁾;
- la «especificación», que es la relación que se establece entre una superclase y una subclase que tiene un número de características menor;
- la «cantidad» que incluye las nociones de número, extensión, escala o medida;
- la «modalidad» que incluye los conceptos de necesidad, probabilidad, posibilidad, permiso, obligación, o sus opuestos;
- la «importancia», valor simbólico que se le asigna a una entidad;
- el «valor» que le asignan otras entidades;
- la «equivalencia» que incluye las nociones de igualdad, similitud, correspondencia, etc...;
- la «oposición» que es la contraria a la anterior;
- la «co-referencia» que es la relación por la que diferentes expresiones del texto activan la misma entidad
- y, por ultimo, la «recurrencia», relación por la que una expresión activa un mismo concepto, aunque no se refiera necesariamente a la misma entidad ni tenga el mismo sentido.

Al comentar estos conceptos, De Beaugrande y Dressler nos dicen que muchas de estas relaciones resultan conocidas, puesto que ya las empleaban

(155) Véase de Beugrande y Dressler (1981, 91). Los autores utilizan el la expresión «cancelar» para referirse al hecho de que una entidad no presente alguna de las características propias de su clase.

diferentes corrientes gramaticales como la gramática de los casos. Otras habían sido presentadas por los lingüistas ocupados por la organización de acontecimientos y situaciones o la organización del conocimiento. Sin embargo, en su opinión, aportan nuevas relaciones, aunque no por ello consideran que su tipología sea la más exhaustiva, simplemente es la más útil a la hora de explicar las relaciones entre los conceptos.

Además de esta tipología de conceptos necesaria para denominar las relaciones, de Beaugrande y Dressler indican la necesidad de un conjunto de operadores que especifiquen con más detalle la relación. Así, presentan unos operadores que señalan la intensidad de la relación. Un «operador de grado» de determinación para aquellos componentes necesarios para la identidad de un concepto y un operador de «tipicalidad» para aquellos componentes frecuentes pero no necesarios. Además, se podrían añadir unos operadores que marcan límites. Así, existiría un «operador de iniciación» para una entidad que se acaba de crear y un «operador de terminación» para indicar que desaparece; igualmente, existiría un «operador de entrada» para indicar la aparición de una entidad y un «operador de salida» para el proceso inverso. Por último, existen dos operadores útiles en casos de relaciones especiales, el «operador de proximidad» para aquellos casos en que las relaciones son de aproximación, y el «operador de proyección» cuando las relaciones son de contingencia o posibilidad.

En este análisis de la coherencia, la cohesión funciona como el soporte que permite dilucidar donde asignar la información nueva que se proporciona (1981, 100). Cohesión y coherencia funcionan como dos sistemas paralelos. La cohesión establece relaciones gramaticales entre las palabras y la coherencia, en cambio, establece relaciones semánticas entre los conceptos⁽¹⁵⁶⁾. Cuando entre dos oraciones no se percibe claramente la relación cohesiva ni la coherencia que subyace es necesario acudir a la inferencia. De Beaugrande y Dressler (1981, 98-99) insisten

(156) Así lo sigue reconociendo de Beaugrande (1997, 188).

en la distinción entre el concepto y su manifestación lingüística y por ello, presentan un análisis diferente para cada uno de los sistemas. No obstante, admiten la existencia de coincidencias entre ambos sistemas como el hecho de que los núcleos de los grupos gramaticales son por lo general conceptos primarios y los atributos, estados y localizaciones suelen aparecer como modificadores.

Su aportación, de indudable interés, plantea en mi opinión algún problema. La frontera entre cohesión y coherencia no queda nada clara, ya que, además de las coincidencias que ellos señalan, algunas de las relaciones que incluyen en la coherencia constituyen también mecanismos de cohesión. Así la recurrencia y la co-referencia.

En mi opinión esta separación de los análisis de la cohesión y la coherencia constituye el talón de Aquiles de este trabajo, ya que no se reconoce la relación semántica que subyace en todo análisis gramatical. Sin embargo, su clasificación de las relaciones semánticas supone una aportación decisiva, ya que coincidirá con las relaciones presentadas por la Teoría de la Estructura Retórica.

3.6.2. La Teoría de la Estructura Retórica

De gran interés para el estudio del texto es la teoría de la estructura retórica de Mann y Thompson (1986; 1988; 1992). Esta teoría⁽¹⁵⁷⁾ que se origina con la pretensión de lograr la producción de textos por ordenador integra la explicación de la estructura y la coherencia textuales. Emplea el término «estructura» con el sentido de organización textual⁽¹⁵⁸⁾ y considerará que la estructura del texto

(157) Véase Mann, Matthiessen y Thompson (1992, 43) en donde se explica con detalle los fundamentos de la teoría.

(158) Mann, Matthiessen y Thompson (1992, 41) reconocen la existencia en el texto de otras estructuras además de la estructura organizativa como son la estructura global relacionada con el reconocimiento del texto o de una variedad lingüística o la estructura sintáctica.

se crea gracias a las relaciones funcionales que se establecen entre las oraciones y las cláusulas. En este sentido sigue la línea que anteriormente habían iniciado Beekman y Callow (1974)⁽¹⁵⁹⁾, Grimes (1975), Longacre (1983) y Hoey (1983)⁽¹⁶⁰⁾.

Para Mann y Thompson, la clave de la construcción del texto es la intención del autor del texto a la hora de presentar la información. La comunicación implica la utilización del lenguaje para conseguir unos fines determinados y, por ello, el texto y cada una de sus oraciones y cláusulas responden a la intención del escritor de conseguir un efecto concreto. Por esta razón, las relaciones que organizan el texto se denominan «retóricas» puesto que se describen en función de los efectos que producen en el lector y reflejan las opciones que el escritor toma a la hora de presentar y organizar sus ideas.

La coherencia de un texto se explica en virtud de la estructura relacional (Mann y Thompson, 1988, 244). Los autores destacan que son las relaciones que se establecen entre los diferentes segmentos del texto el medio de conseguir la coherencia y no la presencia de unas determinadas formas lingüísticas⁽¹⁶¹⁾. Las relaciones no presuponen ninguna realización léxica, ya que no siempre se señalan de forma explícita. Los autores afirman que la teoría de la estructura retórica no considera que las relaciones sean de carácter léxico. El objetivo de la teoría es describir las relaciones existentes entre las secciones del texto con

(159) Citados en Hoey (1983).

(160) Podemos comentar que el enfoque de Hoey es en cierta medida el inverso. Hoey destaca la importancia del concepto de «señalización» de las relaciones, aunque reconoce que no siempre se señalizan, mientras que Mann y Thompson prefieren no considerar la expresión lingüística de las relaciones.

(161) No puedo dejar de comentar lo contradictorio de esta afirmación, ya que una relación sólo se reconoce gracias a la presencia de determinadas formas lingüísticas. No obstante, la intención de los autores es evitar las críticas recibidas por otras explicaciones de la coherencia. Es evidente que la simple presencia de un nexo causal no garantiza la existencia de una relación causal entre dos oraciones o cláusulas.

independencia de que estén señalizadas o no gramaticalmente⁽¹⁶²⁾. Por esto, los autores mismos nos dicen que es una teoría «prerealizacional»:

«In this sense all of RST is pre-realizational, since it makes statements about how such meanings and intentions are structured and combined, but not about how they are realized».

En este sentido, podríamos objetar que es una teoría demasiado abstracta. Mann, Matthiessen y Thompson (1992, 45) llegan a afirmar que las relaciones no se establecen entre las secuencias de palabras, sino entre unas entidades más abstractas, los significados e intenciones que expresan esas secuencias de palabras. De esta forma, la teoría deja pendiente el estudio concreto del texto: qué combinaciones de palabras nos permiten percibir la presencia de determinados significados o intenciones y qué realizaciones lingüísticas permiten al lector interpretar la existencia de unas relaciones determinadas.

La teoría distingue unos 25 tipos diferentes de relaciones: Bernárdez (1995a) recoge 22 que traduce de la forma siguiente: *evidence* (prueba); *justify* (justificación); *antithesis* (antítesis); *concession* (concesión); *circumstance* (circunstancia); *solutionhood* (solución); *elaboration* (elaboración); *background* (fondo); *enablement* (capacitación); *motivation* (motivación); volitional cause (causa voluntaria); non-volitional cause (causa no voluntaria); volitional result (resultado voluntario); purpose (finalidad); condition (condición); otherwise (alternativa); interpretation (intepretación); evaluation (evaluación), restatement (reformulación); summary (resumen); sequence (secuencia) y contrast (contraste).

Pero estas no son las únicas relaciones existentes. En Mann, y Thompson (1986), se cita «reason» (causa), que luego no volverá a ser mencionada;

(162) Bateman y Rondhuis (1994, 6), en el informe del proyecto Dandelion, afirman que a pesar de esta afirmación, se han hecho intentos de establecer equivalencias gramaticales. Así, Mathiessen y Thompson (1989) han relacionado su categoría textual de núcleo con la organización sintáctica (hipotaxis e incrustación).

y en Mann y Thompson (1988) se añaden «joint», y «Non-volitional result», que podríamos traducir por «unión» y «resultado no-volitivo», y además otras cuatro relaciones cuyas definiciones no formulan y que son «comparison» (comparación), «presentational sequence» (secuencia de presentación), «disjunction» (disyunción) y «means» (medio).

Los autores afirman que este número de relaciones no es un número fijo. Pueden aparecer nuevas relaciones, aunque su creación no sea muy frecuente. En general, las relaciones presentes en un texto suelen ser un número pequeño de relaciones que se repiten mucho y que son de dominio cultural. A su vez un tipo puede admitir diferentes subtipos. Así, la relación de elaboración admite 6 realizaciones diferentes: grupo - miembro; abstracción - ejemplo; parte - todo; proceso - fase; objeto - atributo; generalización - caso particular⁽¹⁶³⁾.

Para que se establezca una relación, es necesario distinguir dos secciones de texto claramente diferentes por no tener la misma categoría. Estas secciones del texto entre las que se establecen las relaciones se denominan segmentos. Mann, Matthiessen y Thompson (1992, 47) definen un segmento de texto, «*span*», como la sección del texto que manifiesta una función y puede estar realizado por una «unidad». Las unidades son en su mayoría cláusulas⁽¹⁶⁴⁾, pero los autores nos avisan que el tamaño de las unidades no es fijo y pueden ser unidades léxicas o párrafos enteros. Además, como la noción de segmento de texto se define en términos funcionales, no tiene por qué coincidir con una realización ortográfica concreta.

(163) Es interesante que estas relaciones de elaboración coincidan con las relaciones metonímicas que permiten la conexión oracional por entidad relacionada.

(164) En el trabajo de 1992 sobre la carta para recoger fondos, reconocen que han tenido muy buenos resultados al considerar la cláusula como la unidad de análisis, a excepción de las cláusulas sujeto u objeto y las cláusulas de relativo especificativas, que se consideran integradas en la cláusula «madre».

La diferencia de categoría entre las secciones estriba en que una de ellas es de carácter central y, por ello, se denomina «*núcleo*» y la otra es más periférica y por ello, se denomina «*satélite*». La condición de núcleo y de satélite responde pues a las diferencias cualitativas que existen entre lo esencial y lo superfluo. Por esto, el criterio fundamental para determinar el carácter central o periférico de un segmento de texto es comprobar su importancia en cuanto a la consecución del efecto. Como otros aspectos de la teoría es un criterio subjetivo, que se basa en el criterio del analista, si bien Mann y Thompson (1988, 266-271) dan algunas directrices para su determinación. El núcleo es aquella información esencial para la coherencia del texto, mientras que el satélite es una información redundante, que si desaparece no afecta a la comprensión del texto. El satélite por lo general admite otras posibilidades además de la encontrada en ese caso y su utilización no alteraría mucho el texto. Si el cambio afectase al núcleo, las consecuencias serían de mayor trascendencia.

Las relaciones que se establecen entre dos segmentos del texto se definen atendiendo a dos campos⁽¹⁶⁵⁾: las condiciones, «*constraints*» y el efecto, «*effect*». Las condiciones son una serie de limitaciones que se imponen en el núcleo, en el satélite o en la combinación del núcleo y del satélite. El efecto⁽¹⁶⁶⁾ de la relación es el efecto que posiblemente pretende conseguir el escritor al utilizar esta relación. Asimismo, es necesario especificar la «localización» del efecto («*locus of the effect*»); es decir, si se realiza sólo en el núcleo o en la combinación del núcleo y del satélite. En el caso de que la localización del efecto se realice en el núcleo, el satélite es irrelevante para la consecución del efecto. En cambio, en el caso de que la localización del efecto sea tanto en el núcleo como en el satélite, los dos serán imprescindibles para conseguir el efecto.

(165) Mann y Thompson (1988) utilizan el término «*field*».

(166) Mann y Thompson (1988, 258) nos dicen que el efecto consiste en la afirmación de una condición que normalmente se consigue al utilizar esa relación.

Los autores (1988, 1992) presentan como ejemplo de relación, la relación de «prueba» que presenta las siguientes características:

1. Condiciones:

- a. condiciones sobre el núcleo: el lector podría no aceptar lo afirmado en el grado deseado por el escritor;
- b. condiciones sobre el satélite: El lector encuentra convincente el satélite.
- c. condiciones sobre la combinación de núcleo y satélite: al comprender el satélite el lector aumenta su convencimiento sobre lo dicho en él.

2. Efecto:

- a. El convencimiento del lector sobre la información del núcleo aumenta.
- b. Localización del efecto: el núcleo.

Por tanto, entre dos segmentos de texto existe una relación de prueba, cuando uno de los segmentos, el satélite, proporciona la prueba de la afirmación sustentada por el otro segmento, el núcleo. Mann, Matthiessen y Thompson (1992, 48) presentan un ejemplo tomado de una carta al editor publicada en la revista BYTE, en la que el escritor alaba un programa para impuestos publicado en un ejemplar anterior de la revista:

- «1. *The program as published for calendar year 1980 really works.*
- 2. *In only a few minutes, I entered all the figures from my 1980 tax returns and got a result which agreed with my hand calculations to the penny».*

Para resolver el problema de la organización secuencial y la organización jerárquica de la información en el texto Mann y Thompson acuden a lo que

denominan «*esquemas de la estructura retórica*»⁽¹⁶⁷⁾. Estos esquemas estructurales que se representan mediante diagramas explican el número de segmentos que constituyen las diferentes relaciones, cómo se organizan y en qué orden suelen aparecer el núcleo y el satélite. Pueden ser de cinco tipos y permiten organizar el texto en todos sus niveles, desde el más amplio como el cuerpo de una carta o un artículo científico completo hasta el más pequeño, como puede ser la combinación de dos cláusulas. La coherencia textual se explica pues gracias a las relaciones funcionales que se establecen entre las diferentes secciones del texto. Un texto presentará una condición de totalidad o integridad cuando cada elemento desempeñe una función esencial para la consecución de ese objetivo final del escritor. A ~~pesar~~ de su carácter abstracto, la Teoría de la Estructura Retórica aporta una conclusión de gran interés de cara a la percepción de la coherencia del texto y proporciona un intento claro de describir ésta; algo que como veremos en el siguiente apartado presenta numerosos problemas.

3.6.3. Cohesión y coherencia: las dos caras de la moneda

El primer problema existente a la hora de estudiar la coherencia textual es la aparente oposición cohesión/coherencia y las discrepancias existentes entre los autores a la hora de definir las y contrastarlas. Cohesión y coherencia son los dos términos más utilizados por las publicaciones sobre el tema. Así, nos lo dice Patricia Lohmann (1988) en la bibliografía que recoge bajo el título de *Connectedness of Texts*, en donde incluye unos 350 artículos y monografías sobre el tema. Lohmann enumera todos los términos que se han empleado en inglés: «*coherence*», «*cohesion*», «*composition*», «*connectedness*», «*connexity*», «*constitution*», «*construction*», «*isotopy*», «*macrostructure*», «*paragraph*», pero afirma que los más utilizados son, en primer lugar, el de «*coherence*», coherencia, y, en segundo lugar, el de «*cohesion*», cohesión (Lohmann, 1988, 478-501).

(167) Mann, Mathiessen y Thompson (1992) nos dicen que van a explicar con más detalle el concepto de esquema, pero no lo hacen en este trabajo, al menos de forma explícita. Sí lo explican en Mann y Thompson (1988, 246-247).

La cohesión nace como la manifestación superficial de la continuidad de la secuencia textual y como tal parece contraponerse a la coherencia, concepto que se emplea para referirse a la relación de las ideas del texto. Pero cohesión y coherencia son dos condiciones estrechamente unidas, por lo que los estudiosos del tema las abordan simultáneamente, aunque establecen distintos grados de relación. Así, De Beaugrande y Dressler (1981, 13) nos dicen que aunque actúan simultáneamente en el texto, lo hacen con autonomía:

«"Coherence" has often been confused or conflated with "cohesion", but the distinction between connectivity of the surface and connectivity of underlying content is indispensable».

En otros casos, los lingüistas consideran los fenómenos tan independientes que consideran posible encontrar un texto coherente que carezca de cohesión⁽¹⁶⁸⁾ y viceversa. Widdowson (1979b, 96) afirma que el contexto permite considerar coherentes textos sin marcas explícitas de cohesión y presenta el ejemplo de dos conversaciones:

*«A. Can you go to Edimburgh tomorrow?
B. Yes, I can».*

*«A. Can you go to Edinburgh tomorrow?
B. BEA pilots are on strike».*

En el primer ejemplo, nos dice que existe relación de cohesión entre pregunta y respuesta mediante elipsis. En la segunda oración, en cambio, no existe cohesión, existe coherencia, ya que es lógico suponer que la huelga impida el viaje⁽¹⁶⁹⁾. En este mismo sentido, Charolles (1985, 1) cita la siguiente serie de oraciones:

(168) Creo conveniente mencionar que algunos de los autores citados utilizan el término «connexity» para referirse a la cohesión. Entre ellos pueden mencionarse Charolles (1985) y Leinfellner-Rupertsberger (1989).

(169) En realidad lo que sucede es que el receptor interpreta «*I can't go because the BEA ...*», por lo que se consideraría un caso de elipsis más amplia en la que el receptor sólo estima necesario aportar la justificación de la negación.

«The moon is round. 2 and 2 equal 4. All men are bound to die».

Estas oraciones carecen de conexión aparente entre sí, pero podrían tener dos posibles interpretaciones coherentes. Por una parte, considerar que se refiere al nombre de un cuadro en el que aparece la luna, una suma y una escena fúnebre y por otra, que se trata de un ejemplo de incoherencia textual mencionado durante una conferencia sobre el tema⁽¹⁷⁰⁾. Los autores presentan también ejemplos⁽¹⁷¹⁾ del caso contrario cuando la presencia de marcadores de cohesión no es garantía de coherencia como explica Charolles (1985, 7):

«So we have to distinguish the management of connexity carriers occurring in texts and the proper processing of coherent interpretations. Otherwise we would be inclined to conclude that all the utterances containing a connexity indicator are coherent in account of this indicator, which is obviously misleading».

En esta idea de que la cohesión por sí sola no es garantía de coherencia insisten también otros autores. Mederos (1988, 24), en su obra *Procedimientos de cohesión en español*, nos dice que puede existir cohesión sin coherencia:

«La cohesión proporciona una trabazón entre oraciones, pero en ningún caso garantiza por sí sola la "coherencia" de un texto».

Sin embargo, la mayoría de los autores perciben una relación evidente entre la expresión de la cohesión y la coherencia. En este sentido, Halliday y

(170) Charolles (1985) comenta que la interpretación correcta es la segunda. Charolles toma este ejemplo de Apostel (1980) quien considera que la primera interpretación es un claro ejemplo de que algunas secuencias de oraciones posibles son claramente incoherentes.

(171) En efecto, esto es así en muchos de los ejemplos presentados, pero lo que sucede es que estos mecanismos pueden emplearse incorrectamente. Ninguno de los autores parece caer en la cuenta que el dominio de los mecanismos de cohesión que contribuyen a la coherencia no es una facultad innata de los hablantes o escritores.

Hasan⁽¹⁷²⁾ las consideran, aunque diferentes⁽¹⁷³⁾, complementarias, ya que las dos son condiciones necesarias para lograr la textura y explicar la unidad del texto (Halliday y Hasan, 1976, 23):

«A text is a passage of discourse which is coherent in these two regards; it is coherent with respect to the context of situation, and therefore consistent in register; and it is coherent with respect to itself, and therefore cohesive».

La cohesión establece relaciones semánticas en el texto mediante mecanismos lingüísticos como la referencia, la sustitución, la elipsis, la conjunción o el léxico (Halliday y Hasan, 1976,13) y es esencial para lograr la coherencia:

«An important contribution to coherence comes from cohesion: the set of linguistic resources that every language has (as part of the textual metafunction) for linking one part of a text to another».

Idea en la que insiste también Berry (1977b, 120)⁽¹⁷⁴⁾ quien afirma:

«It is these pronouns and other links between sentences that bind the sentences together and make them into a unified and coherent text. Binding devices such as these are known collectively as the cohesion of a text».

De hecho, separar la cohesión de la coherencia es un procedimiento artificial, que trata el texto como una sustancia química analizada en el laboratorio. Entre una y otra existe una estrecha relación. Como afirma Bernárdez (1995a):

(172) En esta idea inciden en diferentes trabajos. Halliday y Hasan (1976: 23); Hasan (1979, 370) y Halliday (1985a: 318).

(173) Martin (1992, 381) en su obra de estudio del texto, confirma esta valoración: *«It is abundantly clear from comments such as these that the term cohesion was never intended by Halliday and Hasan as a synonym for coherence».*

(174) Véase también, Enkvist (1978, 126), Albadalejo Mayordomo (1982, 2), Charolles (1983, 71), Halliday y Hasan (1989, 94) y Hoey (1991, 12).

«... en la sucesión de elementos que componen un texto, la coherencia se refleja en una serie de fenómenos a los que nos referimos con la denominación general de cohesión».

Por esta razón, el mismo Bernárdez distingue dos tipos de cohesión que él denomina *cohesión-s* y *cohesión-sigma*. La primera se refiere a los procedimientos de cohesión superficial, digamos «sintáctica». La segunda se refiere, en cambio, a la «cohesión semántico-temática». Bernárdez destaca, pues, ese doble aspecto de la cohesión: su dimensión gramatical y su dimensión semántica. Ante esto, un tercer grupo de lingüistas decide considerar que la distinción entre cohesión y coherencia no es importante en la práctica y no encuentran imprescindible contraponerlas o tratarlas separadamente. Como afirma Sinclair, (1993, 19):

«... This line of argument suggests that there is little difference between cohesion and coherence. Our initial hypothesis picks out those cohesive patterns which concern a whole sentence, and rejects all the others (which will be dealt with on another occasion but which are held to be nonsignificant in text structure). The sentence-size cohesive patterns turn out to be the elements of coherence».

Otro autor que insiste en la misma idea es Leinfellner-Rupertsberger (1989, 478):

«Given this analysis, much of what has been called "connexity" would have to be renamed "coherence" or perhaps there is no significant difference between connexity and coherence at all».

En general, predomina la tendencia a considerar que la cohesión depende de las relaciones que se establecen entre las diferentes partes del texto, mientras que la coherencia se apoya en factores contextuales, que el lector u oyente aporta. Así, Suzanne Eggins (1994, 87) nos explica que la cohesión se basa en las propiedades internas del texto, mientras que la coherencia depende de la relación del texto con el contexto situacional y cultural:

«When we say the clauses don't hang together, we are reacting

to two dimensions of the paragraph. Its contextual properties: what we call its coherence; and its internal properties: what we call its cohesion».

En concreto, la relación entre el texto y el contexto se manifiesta en lo que Blass (1990, 241) ha denominado continuidad de contexto:

«... within a planned discourse, there is a continuity of context, that is, information made accessible by the interpretation of the first utterance is used in establishing the relevance of the second; the interpretation of that utterance makes information available for the interpretation of the third, and so on. In this way discourse provides the hearer with a continually changing background against which new propositions are processed. If the preceding discourse does not make contextual assumptions accessible for a new utterance, then the hearer will not be able to see any connection, and the discourse will seem incoherent».

Por esta razón, descubrir la coherencia de un texto desentendiéndose de su dimensión lingüística es un procedimiento artificioso. A pesar de los estudios que insisten en considerar la coherencia como una propiedad externa al texto, es indiscutible que su percepción depende de factores lingüísticos. En el texto existe una dimensión horizontal, que tiene que ver con la organización secuencial de la información en oraciones enlazadas entre sí, que se relacionan una a una, consecutivamente. Aunque la información del texto se organice de forma jerárquica, de manera que las ideas del texto se subordinen las unas a las otras en torno al «tópico» del discurso como explicaba Van Dijk (1977) con su noción de las «macroestructuras» textuales, esa organización jerárquica dependerá en cierta medida de la organización secuencial.

En este sentido, Van Dijk (1977, 149) explicaba que en un texto dado, puede existir coherencia lineal, pero que si no existe un tópico claro, el texto resulta globalmente incoherente. De esta forma, la cuestión clave cuando lo que nos interesa es el proceso de creación del texto escrito es descubrir en qué medida contribuye la manifestación de la cohesión a la coherencia textual.

3.6.4. La dimensión extratextual de la coherencia

La coherencia puede observarse como una propiedad intrínseca del texto, pero, también, como una cualidad que el oyente o el lector asigna a éste⁽¹⁷⁵⁾. Esta segunda opción predomina en la mayoría de los estudios que exigen el reconocimiento de la intención del autor (Van Dijk, 1977; De Beaugrande y Dressler, 1981; Mann y Thompson, 1986; 1988), ya que ese reconocimiento supone una interpretación por parte del lingüista encargado de la labor de análisis y por tanto una valoración subjetiva. Esta dependencia de factores externos al texto, mediatizados por la subjetividad del emisor o del receptor de dicho texto, pone a la coherencia en relación inmediata con el comportamiento de la mente humana y la adquisición del conocimiento. Por ello, para muchos de los lingüistas que estudian la coherencia textual⁽¹⁷⁶⁾, ésta no depende únicamente de las características lingüísticas manifestadas en él, sino que está condicionada por factores como el funcionamiento de la mente o los conocimientos que se poseen sobre un tema o asunto⁽¹⁷⁷⁾; estos factores no son totalmente ajenos al texto, pero hacen que la percepción de la coherencia textual dependa del receptor de dicho texto. Incluso, los autores que describen la coherencia como una propiedad del texto, la relacionan con las dimensiones semánticas y pragmáticas de éste⁽¹⁷⁸⁾. En cualquier caso, la mayoría de los autores hacen hincapié en su carácter subjetivo y en su dependencia de la interpretación del texto realizada por el receptor⁽¹⁷⁹⁾. Como acertadamente explica Enkvist (1985, 16):

(175) En este sentido, véase el artículo de Vilamovo (1990).

(176) Véanse, además de los lingüistas ya mencionados, las opiniones de Brown y Yule (1983) y Charolles (1985) entre otros.

(177) Podemos recordar aquí todas las teorías sobre el conocimiento y su aplicación a la comprensión de los textos mencionadas anteriormente.

(178) Así lo afirman Van Dijk (1977) y de Beaugrande y Dressler (1981)

(179) Coinciden en este sentido varios autores: Brown y Yule (1983), Charolles (1983), Enkvist (1985) y Hoey (1991).

«One basic difficulty in cognitive text modelling is that coherence is not an inherent quality of a text. Coherence is rather a function of the text and of the equipment the hearer or reader brings to its interpretation».

Por esta razón, algunos lingüistas distinguirán dos tipos de coherencia: una coherencia objetiva y una coherencia subjetiva⁽¹⁸⁰⁾ que se entiende como la disposición a buscar, a construir, por parte del intérprete, la coherencia del texto. Esta búsqueda que realiza el receptor de esa coherencia textual puede considerarse casi como una obligación por su parte. Todo texto se escribe para ser comprendido y la comprensión supone la existencia de un pacto entre escritor y lector. El lector presupone que el texto presenta una situación coherente que él debe descubrir⁽¹⁸¹⁾. El escritor, por su parte, se compromete a presentar la información de manera comprensible al lector⁽¹⁸²⁾.

Este carácter subjetivo de la percepción de la coherencia se argumenta en la bibliografía sobre el tema con múltiples ejemplos de textos incoherentes. En concreto, Sanford y Garrod (1981, 9)⁽¹⁸³⁾ presentan el siguiente fragmento:

«With hocked gems financing him, our hero bravely defied all scornful laughter that tried to prevent his scheme. "Your eyes deceive", he had said: "An egg not a table, correctly typifies this unexplored planet». Now three sturdy sisters sought proof. Forging along, sometimes through calm vastness, yet more often over turbulent peaks and valleys, days became weeks as many doubters spread fearful rumours about the edge. At last, from

(180) Así, como menciona Vilamovo (1990, 233), Conte (1988) distingue la coherencia «a parte objecti», de la coherencia «a parte subjecti».

(181) Véase Sanford y Garrod (1981, 9) y Charolles (1985,12), entre otros.

(182) Este pacto entre escritor y lector puede relacionarse con el principio de cooperación (Grice, 1975). Para una explicación de la coherencia del texto en relación con las máximas de Grice, véase Terestyeni (1986, 143-160).

(183) Sanford y Garrod (1981) toman este ejemplo de un artículo de 1971 de Dooling y Lachman, *Effects of Comprehension on Retention of Prose*.

nowhere, welcome winged creatures appeared signifying momentous success».

Sin embargo, esa incoherencia es sólo aparente. Si el texto vuelve a leerse tras saber que se titula «*Christopher Columbus's discovery of America*», el lector puede establecer una relación entre las oraciones. No obstante, esta afirmación sólo sería válida para un lector que posea la gran carga de conocimientos culturales, científicos e históricos, necesarios para interpretar adecuadamente el significado exacto de las palabras. Aun con la presencia del título, sólo un amplio conocimiento de la historia del descubrimiento de América permitiría interpretar correctamente todas las expresiones metafóricas aquí empleadas. Es, por esta razón, que muchos estudios de la coherencia textual han adoptado los conceptos procedentes de la psicología cognitiva y de la inteligencia artificial de los que ya hemos hablado antes⁽¹⁸⁴⁾ para así conseguir explicar cómo se logra la contextualización de los elementos del texto.

La importancia que desempeñan los conocimientos es evidente en muchos de los ejemplos que aportan los lingüistas. Como afirma M. Charolles (1985, 11):

«To calculate a coherent interpretation correlatively admissible, the receiver must call out and activate a great amount of knowledge, especially knowledge about the world and knowledge about language and language use».

Esta función tan esencial de los conocimientos en la atribución de la coherencia textual la reconoce claramente Lundquist (1989, 124) cuando estudia la coherencia de los textos científicos:

«The establishing of coherence, which is a condition for a successful interpretation, may be regarded as an adaptation of

(184) Así, las teorías de los marcos de Minsky (1975), o los escenarios de Sanford y Garrod (1981), y los esquemas de conocimiento que aplica Van Dijk (1977) en sus macroestructuras.

new knowledge (i.e. new relations) to established knowledge, as an act of relating new ideas to old».

Además del conocimiento de la realidad a la que el texto alude, es necesario conocer las convenciones comunicativas propias de ese contexto determinado⁽¹⁸⁵⁾. Es evidente, por tanto, la relación entre la coherencia y el contexto. El contexto, como veremos a continuación, se ha concebido desde distintas perspectivas, pero su importante función en la interpretación del texto se hace patente gracias a la pragmática, que entiende por contexto los conocimientos compartidos por los interlocutores, y a la teoría de la relación o pertinencia, que lo define como el conjunto de premisas utilizadas para la interpretación de una enunciación⁽¹⁸⁶⁾.

Esta relación entre coherencia y contexto se percibía ya cuando Halliday y Hasan (1976, 23) explicaban la noción de cohesión⁽¹⁸⁷⁾ relacionando el texto con el contexto situacional o cuando Van Dijk (1977, 127) comentaba la dificultad del estudio semántico de la coherencia. Sin embargo ahora es esencial como demuestran los últimos estudios sobre la coherencia textual que se centran principalmente en el estudio de variedades lingüísticas como chistes o conversaciones, en los que la relación entre las oraciones del texto está implícita y, por consiguiente, su interpretación depende casi íntegramente del contexto⁽¹⁸⁸⁾.

(185) Véase Yule (1985, 98) o Charolles (1985, 11). Anteriormente, Charolles (1982, 61) afirmaba también: «*Certain coherence judgements depend on the knowledge of the world of the people who make these judgements*». Otros autores que inciden en la misma idea son Sanford y Garrod (1981, 10), Brown y Yule (1983, 224), Conte (1988), Mignolo (1989, 484) y Rieger (1989, 153).

(186) Véase Sperber y Wilson (1986, 15): «*The set of premises used in interpreting an utterance ... constitutes what is generally known as the context*».

(187) Conviene recordar aquí que para Halliday y Hasan (1976, 23) un texto es coherente de dos formas: en relación con el contexto situacional y en relación a sí mismo, siendo éste último aspecto el que se denomina cohesión.

(188) Los trabajos más recientes sobre coherencia se centran principalmente en la interpretación de series de oraciones cuya relación está implícita. Así lo confirman, entre otros, Blass (1985), Sperber y Wilson (1986) o Shakir y Fraghal (1992).

La importancia del contexto en relación con la coherencia la confirma recientemente Blass (1990, 74) al exponer su idea de que la teoría de la relación o pertinencia⁽¹⁸⁹⁾ es la única que permite la interpretación de cualquier texto:

«The problem with cohesion or coherence-based approaches to connectivity is that they look for connection primarily at the level of utterance content. However, as I have shown, context has a crucial effect on the way utterances are understood, and it may not be possible to see the connection between one remark and another without considering the context in which they are processed».

3.6.5. La dimensión secuencial de la coherencia

Otro de los problemas que dificulta la descripción de la coherencia es lo que podríamos describir como su dimensión secuencial. La coherencia textual no es cuestión sólo de existencia o no existencia (Hasan, 1985; 1989, 72), sino que es cuestión de grado, ya que es posible encontrar textos que son coherentes sólo parcialmente, o de forma intermitente. La coherencia no es una condición estática, que se dé global y uniformemente en un texto concreto, o en una sección determinada de éste, sino que es una condición inestable, dinámica, íntimamente relacionada con el avance o la progresión de la información en el texto. Phelps, en su obra *«Theory of Composition»* (1988, 171), insiste en ese carácter dinámico de la coherencia textual al afirmar que son los lectores los que la crean o la perciben a medida que avanzan en la lectura:

«Flow, the sense of coherence as energy or process, is the felt power to integrate that fills readers as they move through a text successfully making sense of it».

(189) La teoría de la relación o pertinencia, «*relevance*» en inglés, tiene su máximo exponente en la obra de Sperber y Wilson (1986). Para estos autores, la «*pertinencia*» es la condición esencial de toda comunicación: «*To communicate is to claim an individual's attention; hence to communicate is to imply that the information communicated is relevant*».

Esta condición inestable de la coherencia es consecuencia de una propiedad intrínseca del lenguaje, su condición secuencial⁽¹⁹⁰⁾. En muchas ocasiones dos oraciones se consideran enlazadas por el simple hecho de estar situadas consecutivamente y el lector se encuentra en la obligación de suplir las conexiones que faltan (Brown y Yule, 1983, 224). En este sentido, M. Charolles (1985, 3) afirma:

«So given a set of consecutive sentences apparently unlinked, it is always possible to construct an ad hoc situation wherein their enunciation becomes coherent -i.e. it is always possible to calculate a particular state of affairs wherein their enunciation becomes relevant (corresponds to a plausible meaning intention) because all meaning intentions are theoretically possible».

Este carácter secuencial del lenguaje y su influencia en la coherencia hace evidente la relación de ésta con la noción de continuidad. Jordan (1982, 5) nos dice que la continuidad no es el único medio de lograr la coherencia, pero sí es uno de los más importantes:

«But perhaps the most fundamental means of coherence involves the many techniques by which writers maintain the basic thread of continuity in text».

Por continuidad los autores entienden la continuidad del contenido a lo largo del texto. Así, Källgren⁽¹⁹¹⁾ habla de «continuidad de contenido» y de Beaugrande y Dressler (1981, 84), de «continuidad de sentido». Pero, en algunos casos, tiene también un alcance más amplio. Blass (1994, 78) habla de continuidad contex-

(190) La condición secuencial del lenguaje, a la que se refieren en inglés con el termino «*linearisation*» (Brown y Yule, 1983, 125) es una condición esencial del lenguaje humano que señaló en relación con el lenguaje hablado, el lingüista francés Martinet cuando enunció la doble articulación del lenguaje.

(191) Citando a Källgren (1979), Lindenberg (1985, 70) nos dice: «... *it is the perception of the continuity of content that makes a passage seem coherent to the reader ...*».

tual⁽¹⁹²⁾ y se refiere a la información dada por una oración y utilizada para lograr la correcta interpretación de la oración siguiente:

«Typically, within a paragraph or narrative there is a continuity of context in the following sense: information made easily accessible by the interpretation of the first utterance is used in establishing the relevance of third, and so on indefinitely».

En realidad, las dos ideas de continuidad están íntimamente relacionadas y explican la gran importancia de este concepto para la cohesión y la coherencia. Así, lo reconocía ya Gili y Gaya, en su Curso superior de sintaxis española (1961, 325):

«Sin embargo, las oraciones se suceden guardando entre sí una relación de coherencia representativa, lógica o afectiva, una trabazón psíquica de orden superior. Si esta relación de continuidad no se revela, decimos que el discurso es incoherente».

La noción de continuidad destaca la dimensión lingüística de la coherencia y hace desembocar de nuevo la coherencia en la cohesión⁽¹⁹³⁾. Y como continuidad y secuencialidad son características inseparables, a través de la continuidad, el estudio de la coherencia enlaza con el avance o la progresión de la información en el texto y la noción de «tema»⁽¹⁹⁴⁾.

(192) Esta idea de la continuidad en relación con el contenido del texto y el contexto aparecía ya en Halliday y Hasan (1976, 23).

(193) Los mecanismos de cohesión como se hará evidente en el próximo capítulo no son nada más que el medio de mantener la continuidad a lo largo del texto. Esa es la función de la referencia y la cohesión léxica de Halliday y Hasan (1976), las cadenas de identidad y de similaridad de Hasan (1989) o el encapsulamiento, la predicción, el eco verbal y la apostilla de Sinclair (1993).

(194) Como casi todos los términos lingüísticos, la definición del concepto «tema» presenta cierta complejidad, ya que se ha explicado de diferentes formas y desde distintos puntos de vista por varias escuelas. Por consiguiente, la bibliografía existente es muy amplia. Como trabajos esenciales por su claridad en la presentación del problema, pueden verse, entre otros, los siguientes: Brown y Yule (1983, 125-152), Downing (1990, 119-128; 1991, 119-143), Downing y Locke (1993, 222-237) y Fries (1995, 1-19). La definición que yo adopto es la que presentan Downing y Locke (1992).

La función del «tema» y del fenómeno de la tematización como condicionantes de la coherencia en relación con la secuencialidad del lenguaje lo comentan Brown y Yule (1983, 133):

*«We may talk in general of "**thematization**" as a discoursal rather than simply a sentential process. What the speaker or writer puts first will influence the interpretation of everything that follows. Thus a title will influence the interpretation of the text which follows it. The first sentence of the first paragraph will constrain the interpretation not only of the paragraph, but also of the rest of the text. That is, we assume that every sentence forms part of a developing, cumulative instruction which tells us how to construct a coherent representation».*

Esta idea la exponía ya en 1976, E. Werlich⁽¹⁹⁵⁾:

«Coherence is created (...) whenever (the encoder) uses some linguistic unit (usually a group of words or a sentence) as a text base unit with a theme and then expands this in linear progression in conventionally ordered and completed sequences of linguistic units».

El tema actúa, por tanto, como elemento contextualizador⁽¹⁹⁶⁾ que contribuye a lograr la continuidad contextual de la que habla Blass (1994). Así, la coherencia se relaciona también con el estudio de la progresión temática del texto, es decir, la tendencia que un texto muestra en la elección del tema (Downing y Locke, 1993).

(195) Citado en Lindeberg (1985, 73).

(196) Son varios los autores para los que el tema es el elemento de enlace entre el contenido del texto y el contexto. Así, Downing (1992, 122) nos dice: «*Within the clause, the function of theme is precisely that of constituting its deictic element, in that it defines the speaker's angle on the ensuing content*»; Eiler (1986, 51) afirma «*Analysis of theme in this study treats theme in its distinct role "as information from which the speaker proceeds"*». Mauranen (1993) nos dice en el resumen de su artículo «*Theme and Prospection in Written Discourse*»: «*This paper explores the role of theme in the linear development of written discourse. Theme is seen in the dual role of providing the point of departure for the current sentence and establishing its relevance to the preceding sentence*».

Pero el «tema» es un concepto complejo que aparece unido a las de «tópico» e «información dada y nueva». Como casi toda la terminología lingüística, «tópico», «tema» e «información dada y nueva» son términos poco claros, que se han empleado indistintamente para referirse a una misma realidad o han sido definidos de forma confusa⁽¹⁹⁷⁾. En este trabajo, «tópico», «tema» e «información dada y nueva» serán tres nociones diferentes⁽¹⁹⁸⁾ cuyo alcance creo conveniente explicar aquí, ya que juntos contribuyen a crear en el texto seguido la continuidad y, por tanto, a lograr la expresión coherente.

Son muchos los autores que han reconocido esta contribución⁽¹⁹⁹⁾, pero se han adoptado enfoques tan diversos que su presentación requiere ciertas aclaraciones. Por ejemplo, en muchos trabajos de gran interés para el estudio de la cohesión textual, se observan este uso confuso de los términos. Weissberger (1984), que estudia la distribución de la información en la construcción de los párrafos del texto científico, emplea los términos «tópico» y «comentario» para referirse al «tema» y al «rema», como el mismo reconoce⁽²⁰⁰⁾. Mauranen (1993), en un interesante trabajo en el que aplica las ideas de Sinclair (1993) al estudio de la progresión temática, identifica el tema con la parte de la oración en donde se encuentra la información dada y el rema con la que incorpora la información nueva⁽²⁰¹⁾, pero al

(197) Véase la revisión de este problema que presentan Givón (1989, 208 -209) y Vande Kopple (1991, 311 - 318).

(198) Cf. Downing (1991, 121).

(199) Por ejemplo, la relación entre tópico y coherencia la contemplan Van Dijk (1977), Jordan (1982), Givón (1983), Wikborg (1985) y Williams (1990). La contribución del tema a la coherencia la señalan Lindeberg (1985), Kurzon, (1988), Vande Kopple (1991), Downing y Locke (1992) y Mauranen (1993), entre otros. Cooper (1988) menciona la importancia de la distribución de la información dada y la información nueva a la hora de construir un discurso coherente.

(200) Véase así la nota 1 de Weissberger (1984, 487).

(201) Esta identificación del tema con la información dada y del rema con la información nueva es la idea que mantienen la mayoría de los lingüistas del Círculo Lingüístico de Praga; idea que Fries (1981; 1995) denomina «el enfoque combinado». Frente a este enfoque, está el de Halliday (1985; 1994) y la gramática sistémica que separan el tema o inicio de la cláusula de la información dada, por lo que Fries (1981; 1995) lo denomina «el enfoque dividido».

mismo tiempo nos dice que el tema es también lo que indica de lo que trata la oración, con lo que parece confluir de nuevo en el «tópico», ya que éste se define como el tema discursivo.

Una de las razones de este caos en torno a estos tres términos es la azarosa «historia» de la noción de «tema». El origen de los conceptos de «tema» y «rema» se atribuye al Círculo Lingüístico de Praga y en concreto a Vilém Mathesius, aunque los términos empleados por él eran otros⁽²⁰²⁾. El uso de las expresiones «tema» y «rema»⁽²⁰³⁾ para referirse a estas dos secciones de las cláusulas se debe a otro lingüista del mismo grupo, Jan Firbas⁽²⁰⁴⁾, que desarrolla el concepto de dinamismo comunicativo. Firbas (1992) explica que los elementos lingüísticos contribuyen en diferente grado a la consecución de la finalidad de la comunicación (Firbas, 1992a; 1992b). En este enfoque de Firbas, «tema» y «rema» están íntimamente relacionados con los conceptos de información conocida y nueva y con el hecho de que ésta sea contextualmente recuperable. Sin embargo, Firbas (1992b, 72) aclara que «tema» y «rema» no están ligados a ninguna posición oracional.

¿Cómo surge entonces el concepto sistémico-funcional del tema como el inicio de la cláusula que presenta Halliday en 1967? Kurzon (1988) nos dice que el responsable es otro lingüista checo, František Trávníček, quien en un artículo de 1961 define el tema como el inicio de la oración⁽²⁰⁵⁾, opinión que luego citará Firbas en 1964. La cuestión se complica cuando ciertos lingüistas americanos emplean los términos «tópico» y «comentario» para referirse a una división de la oración paralela a la de tema y rema y converge así con el concepto de tópico empleado en la

(202) Véase Kurzon, (1988, 155) y Fries (1995, 1) .

(203) Givón (1989, 208) atribuye el origen primero de los términos «tema» y «rema» a una distinción aristotélica que hacía referencia a la división sujeto/predicado.

(204) Véase Kurzon (1988, 156).

(205) Nwogu (1990, 203) nos dice que Trávníček define el tema como «*the sentence element that links up directly with the object of thought, proceeds from it and opens the sentence thereby*».

distinción entre tópico y foco. Esta última noción que para algunos autores es equivalente a «rema» o a «información nueva»⁽²⁰⁶⁾ ha venido a enredar aún más la madeja al añadir a la información nueva, la posibilidad de mostrar la importancia de una información determinada⁽²⁰⁷⁾.

En este trabajo el tema será el primer constituyente de la cláusula, el inicio del mensaje, en contraposición al «rema», su continuación (Downing, 1991; Downing y Locke, 1992)⁽²⁰⁸⁾. Esta definición está más cerca de la idea de «tema» de Halliday (1985; 1994)⁽²⁰⁹⁾, aunque en un primer momento la definición de Halliday parece coincidir con la definición de tópico, ya que nos dice también «it is that with which the clause is concerned»⁽²¹⁰⁾. Por «tópico»⁽²¹¹⁾ me referiré a lo que describiríamos como el «tema del que trata un texto, o una parte de un texto» (Downing y Locke, 1992). El tópico puede, por tanto, identificarse con los participantes del texto como hace Givón (1983, 8). Pero, no sólo puede referirse a las entidades ligadas a un proceso verbal, sino también las circunstancias y también a los mismo procesos o a situaciones. Jordan (1982, 5) destaca la contribución del tópico a la coherencia y nos dice que la continuidad del texto se mantiene gracias a las señales que informan al lector de lo que se habla y una de las señales más elementales es la mención continuada del tópico:

(206) Por ejemplo, Givón (1983).

(207) Alcaraz Varó y Martínez Linares (1997) explican este doble funcionamiento de la noción de foco, que Prince (1981) contempla en su tratamiento del problema de la información dada y nueva.

(208) Downing y Locke (1992, 222-237) definen el tema como «... *theme of a clause is what speakers take as their "point of departure" in that clause. It is realised in English by the first clause constituent, and the rest of the message constitutes the Rheme*».

(209) Para Halliday (1994, 37-38), el «tema» es: «... *the element which serves as the point of departure of the message; (...) As a general guide, the Theme can be identified as that element which comes in first position in the clause*».

(210) Véase Downing (1991, 119-121) en donde se exponen las diferencias entre el "tema" y "el tópico desde la perspectiva de la gramática sistémico-funcional.

(211) La noción de tópico la tratan, entre otros, Brown y Yule (1983, 68-124), Givón (1983, 1-42) y Downing y Locke (1992, 224-226) cuya definición es la que adopto en este estudio. Downing y Locke (1992, 222-237) definen el «tópico» como «*Topic, as we see it, is a discourse category representing the notion what the text is about*».

«Basic continuity in Functional writing involves the successive "re-entry" into the text of the topic under consideration».

Además, el tópico como marcador de la continuidad del texto pone la noción de coherencia en relación con la estructura informativa de la oración (Downing y Locke, 1992). El tópico adoptará una u otra forma lingüística dependiendo de si es la primera vez que se menciona en el texto o se ha mencionado ya antes.

La estructura informativa con su distinción entre información dada e información nueva colabora también en el establecimiento de la relación entre continuidad y organización secuencial de la información en el texto. Pero la distinción que se aplica al contenido informativo de la oración o cláusula necesita también ciertas aclaraciones.

Al hablar de la información dada los autores emplean indistintamente expresiones como información «conocida», información «recuperable» e información «vieja», aunque el término más utilizado es el de información «dada» (Prince, 1981; Brown y Yule, 1983; Vande Kopple, 1986; 1991; Mauranen, 1993; Fries, 1995). En parte, el problema estriba en que estos términos se consideran equivalentes. Así, Firbas (1992b, 21) utiliza indistintamente «*given*» y «*known*» y Fries (1995, 1) los considera equivalentes: «... *use the term Given to refer to what is being presented as known...*». Sin embargo, en la práctica existen diferencias de matiz entre «información dada» e «información conocida». El primer término parece implicar que el autor ha dado a conocer esa información anteriormente, mientras que la expresión «información conocida» indica que se trata de una información que el lector conoce de antemano. Existe además otra diferencia, el término «*given*» hace pensar en el autor del texto como la persona que proporciona tal información, mientras que la expresión «*known*» puede aludir directamente al receptor y suponer que se trata de la información del texto que el lector ya conoce, o bien aludir a ambos, emisor y receptor, y hacer referencia a la información que el emisor supone que el receptor ya conoce. En cualquier caso, si la noción de información dada se identifica con la de

información conocida se incluyen factores psicológicos que son imprevisibles en el caso de la comunicación escrita⁽²¹²⁾.

Algunas de las definiciones de la información dada como información, «recuperable en el contexto» o «información compartida por el emisor y el receptor»⁽²¹³⁾ son definiciones muy amplias que abarcan varios aspectos. Así, Chafe (1976)⁽²¹⁴⁾ o Halliday (1985)⁽²¹⁵⁾ incluyen en su definición no sólo la información previamente mencionada, sino también esa información que el emisor considera que el receptor conoce. Como nos explica Prince (1981) la información dada se ha considerado, en unos casos, información recuperable en el sentido de predecible, en otros, información que el receptor percibe como especial o también información que emisor y receptor comparten. En todos los casos se incluyen factores psicológicos que suponen un determinado comportamiento por parte del receptor del texto. Este comportamiento es muy difícil de comprobar en la comunicación escrita, ya que dada la diversidad de receptores posibles, estas suposiciones no siempre se ajustan a la realidad. Tampoco se establece la diferencia de perspectiva entre el emisor y el receptor o el receptor ideal y el receptor real. Lo que puede ser información conocida para uno, puede no serlo para otro.

(212) La comunicación escrita ocasiona que el contexto situacional sea una realidad imprevisible, así como la imposibilidad de determinar absolutamente el grado de conocimientos que comparten emisor y receptor.

(213) Por ejemplo, Firbas (1992b, 23) nos dice que el contexto situacional pertinente se enmarca en los conocimientos y las experiencias que comparten los interlocutores. La imposibilidad de delimitar ese contexto provoca que la expresión «contextualmente recuperable» sea muy ambigua.

(214) La definición de información dada de Chafe alude al nivel de familiaridad del hablante con la información, Chafe (1976, 30) «*Given or (old) information is that knowledge which the speaker assumes to be in the consciousness of the addressee at the time of the utterance*».

(215) Halliday (1995, 298) habla de la información dada como información recuperable por el receptor, pero nos dice que esta información puede ser también información que, a pesar de no haberse mencionado, el emisor considera conocida. Además, el estudio que Halliday hace del sistema de información dada y nueva se centra específicamente en la entonación, pero sorprendentemente no lo pone en relación con la cohesión.

En el texto escrito y con vistas a la cohesión, es necesario una revisión de los conceptos de información «dada» y «nueva» para establecer una definición más precisa, que se adapte a las características de la situación de comunicación de interés en este caso. Una situación de comunicación en la que el cotexto tiene primacía sobre el contexto situacional; en la que el interés del emisor es proporcionar información nueva, pero el receptor no está presente en el momento de la emisión; y en la que, además, ese receptor al que se dirige es un receptor «genérico», que en realidad el emisor no conoce. Es, por ello, necesario prescindir de esos factores psicológicos y atenerse simplemente a la información que se presenta en el texto. Tampoco se tendrá en cuenta el factor de la entonación (Halliday, 1985), aunque sería muy interesante profundizar en el «cometido» de la entonación en la búsqueda de la coherencia durante el proceso de creación del texto⁽²¹⁶⁾. Sin embargo, desde el punto de vista de la recepción de los textos que aquí nos interesan resulta innecesario, ya que la función de la representación mental de los patrones de entonación en la búsqueda de la coherencia textual por parte de los lectores no es una cuestión evidente, y menos aún en receptores que leen textos en una lengua que no es la suya.

Halliday (1993) había reconocido ya la importancia de la distribución de la información en la creación del texto científico-técnico cuando mencionaba la nominalización y su función textual al permitir la coincidencia de la información dada y el tema y la información nueva y el rema. Sin embargo, no establece su relación con la coherencia y la cohesión de forma clara.

Con vistas al estudio del texto escrito la definición de información dada y nueva debe restringirse. Será información dada sólo aquella que ya se ha presentado antes y es, por ello, información recuperable en el cotexto, e información nueva aquella que se menciona por primera vez. Además, será necesario distinguir

(216) La experiencia de cualquier escritor, por lo menos esa es mi experiencia, prueba que leer en alto lo escrito es una de las comprobaciones más rigurosas de la calidad del texto.

entre información dada e información conocida. Downing y Locke incluyen ambas en su definición de información dada⁽²¹⁷⁾, pero de cara a la cohesión y la coherencia del texto escrito, es necesario separar ambas, aunque por supuesto la información dada adquiere después el carácter de información conocida. La información «conocida» será aquella información nueva que se presenta como tal y así deberá distinguirse entre «información conocida» e «información totalmente nueva», ya que el escritor puede presentar esas entidades o tópicos como conocidos o como totalmente nuevos.

Al relacionar, progresión temática, tópico del discurso e información dada y nueva, la continuidad actúa como punto de intersección de las dos dimensiones del texto: la dimensión horizontal, la secuencialidad u organización en forma lineal de las ideas del texto, y la dimensión vertical, la estructura u organización jerárquica de esas mismas ideas. Además, hace converger las diferentes tendencias en torno al estudio del texto, la textualidad, la coherencia y la cohesión que hemos mencionado aquí y centra el problema de la continuidad en la dimensión más cercana, el cotexto.

3.7. EL TEXTO Y EL CONTEXTO

El estudio del texto y, más en particular, si se pretende estudiar la cohesión, no queda completo si no se trata el marco en el que todo texto se sitúa, el contexto. He mencionado ya en varias ocasiones términos como el cotexto y el contexto situacional que señalan su relación con los temas aquí tratados. Su importancia es todavía mayor si pensamos que nuestro estudio del texto se centra en la cohesión como mecanismo de conexión oracional.

(217) Véase Downing y Locke (1992, 240) que aclaran que en su definición incluyen tanto la información recuperable en el cotexto, como la que resulta conocida en el contexto.

La relación entre contexto y cohesión es fundamental. Los mecanismos de cohesión actuarán como mecanismos de contextualización de la nueva expresión en su contexto verbal inmediato, la oración anterior.

En 1976, Halliday y Hasan mencionaban ya la importancia del contexto, en concreto del contexto situacional, en relación con la percepción de la textura y, por tanto también, de la cohesión y la coherencia. Mederos (1988,12) al explicar los objetivos de su trabajo afirmaba también que la cohesión es esencialmente el medio de contextualizar las oraciones:

«El objetivo del presente trabajo no es otro que el de analizar los procedimientos de que dispone el español para contextualizar oraciones del sistema».

Y más recientemente, al estudiar la coherencia, Blass (1990, 77), hace hincapié de nuevo en la importancia del contexto en la conexión oracional:

«However, as I have shown context has a crucial effect on the way utterances are understood, and it may not be possible to see the connection between one remark and another without considering the context in which they are processed».

En concreto, la relación entre la cohesión y el contexto se manifiesta en lo que esta ha denominado continuidad de contexto (Blass, 1990, 241), que coincide con las ideas de Gili Gaya (1961) de las que antes hemos hablado:

«... within a planned discourse, there is a continuity of context, that is, information made accessible by the interpretation of the first utterance is used in establishing the relevance of the second; the interpretation of that utterance makes information available for the interpretation of the third, and so on. In this way discourse provides the hearer with a continually changing background against which new propositions are processed. If the preceding discourse does not make contextual assumptions accessible for a new utterance, then the hearer will not be able to see any connection, and the discourse will seem incoherent».

La noción de contexto de Blass coincide con la que presentan Sperber y Wilson (1986, 15), representantes de la teoría de la relación o pertinencia, que definen el contexto como:

«The set of premises used in interpreting an utterance ... constitutes what is generally known as the context».

En este caso el contexto se contempla como el conjunto de premisas utilizadas para la interpretación de una enunciación. Pero, el contexto⁽²¹⁸⁾ puede explicarse también desde otras perspectivas, aunque básicamente se distinguen dos concepciones: la social y la interpersonal⁽²¹⁹⁾.

Una concepción social del contexto es la de aquellos autores que hacen hincapié en la dimensión social del lenguaje como Halliday (1978:33) y los funcionalistas, quienes distinguen dos tipos de contexto, el contexto situacional y el contexto cultural. La concepción interpersonal la ha destacado la pragmática, que entiende por contexto los conocimientos compartidos por los interlocutores. Así, Leech (1983, 13) nos dice:

«I shall consider context to be any background knowledge assumed to be shared by speaker (s) and hearer (h) and which contributes to h's interpretation of what s means by a given utterance».

Podríamos afirmar, por tanto, que el contexto situacional atiende a los factores de por qué y en qué condiciones se emite el mensaje, mientras que el contexto interpersonal atiende fundamentalmente a la idea de un mensaje entre dos interlocutores y a los conocimientos compartidos. El contexto situacional pretende explicar las características textuales mientras que el contexto interpersonal atiende

(218) Para una revisión del problema de la noción de contexto, véase Lavandera (1988, 78). Un estudio clásico sobre el contexto son las recopilaciones de Giglioli (1972) y más recientemente, la de Duranti y Goodwin (eds.) (1992).

(219) Esta concepción sería la que coincidiría con las anteriormente mencionadas.

fundamentalmente a la información que el receptor desconoce.

Otro lingüista que ha dedicado su atención al contexto es Coseriu (1973, 313-317)) con su trabajo ya clásico, en el que reúne todos los aspectos al distinguir el contexto idiomático, el contexto verbal y el extraverbal. El contexto idiomático es la lengua misma y también otras lenguas. El contexto verbal se refiere al discurso mismo como entorno y abarca lo dicho antes y lo que se dice después. El contexto extraverbal lo constituyen las circunstancias no-lingüísticas; Coseriu lo divide en varios tipos: el contexto físico que abarca el entorno a la vista de los que hablan; el contexto empírico constituido por aquella realidad que, aunque no está a la vista de los hablantes, éstos saben que existe y la conocen; el contexto natural que es el conjunto de los contextos empíricos posibles; el contexto práctico u ocasional que hace referencia a la ocasión concreta en que el discurso ocurre; el contexto histórico que hace referencia a las circunstancias históricas conocidas por los hablantes y, por último, el contexto cultural que abarca toda la tradición cultural propia de una comunidad. En resumen, Coseriu (1973, 313) nos dice que el contexto lo constituye:

«... toda la realidad que rodea un signo, un acto verbal o un discurso, como presencia física, como saber de los interlocutores y como actividad».

La descripción del contexto de Coseriu no olvida ningún elemento. El contexto idiomático se identifica con los conocimientos lingüísticos que los hablantes poseen. El contexto verbal coincide con el cotexto. El contexto extralingüístico incorpora todos los demás conocimientos que los hablantes poseen, desde la realidad física que les rodea hasta esa realidad que conocen pero no está presente o los conocimientos de carácter personal de los hablantes o conocimientos de la tradición cultural.

Otra visión interesante del contexto es la que presenta T. Givón (1989) en *Mind, Code and Context*, en donde divide el contexto en tres bloques: el contexto

deíctico que hace referencia a las relaciones que existen entre emisor y receptor y a la situación comunicativa específica; el contexto discursivo que hace referencia al texto, es decir, lo que se ha dicho antes y que se ha almacenado ya en la memoria y por último el contexto «genérico» que comprende los conocimientos compartidos tanto los conocimientos enciclopédicos como los culturales, que incluyen tanto los conocimientos del código lingüístico como las convenciones sociales.

IV. EL ESTUDIO DE LA COHESIÓN TEXTUAL

El término «*cohesión*» se incorpora a la terminología lingüística como el vocablo utilizado para referirse al mecanismo de relación oracional a raíz de el trabajo de 1976 de Halliday y Hasan *Cohesion in English*. Los lingüistas lo habían empleado anteriormente, pero por lo general con matices diferentes. La expresión había sido utilizada por Hjemstev (1971, 78) con el sentido de «dependencia». Robins (1971, 294) la empleaba para referirse a una condición de toda construcción gramatical y Lyons (1968) hablaba de la «*cohesión interna*» de las palabras⁽²²⁰⁾

Será Grimes (1975, 113), en su obra *The Thread of Discourse*, quien emplee el término con un sentido muy próximo al que luego tendrá en Halliday y Hasan. Pero, añade una precisión de gran importancia⁽²²¹⁾ al hablar de la «cohesión» para referirse a los mecanismos de presentación de la información nueva y como ésta se relaciona con lo que se ha dicho ya:

«Cohesion is cumulative and linear rather than hierarchical. It has to do with the means of introducing new information and of keeping track of old information, rather than with what the content of the new or old information actually is. It is also tied up with the speaker's estimate of the rate at which the hearer can process new information».

(220) Esta información se encuentra en Mederos (1988, 12-14), quien comenta algunos de estos usos del término «*cohesión*».

(221) Grimes (1975) tiene en cuenta un factor que Halliday y Hasan ignoran, la cantidad de información nueva que recibe el receptor.

Esta relación entre los mecanismos de cohesión y la información dada y nueva⁽²²²⁾, clave para el análisis de la cohesión del texto escrito científico-técnico, no volverá a mencionarse como tal⁽²²³⁾ hasta la teoría de la estructura del texto de Sinclair (1993), pero eso será dieciocho años más tarde. Será también este autor el que vuelva a hacer hincapié en la cohesión como el mecanismo de conexión oracional, que había sido relegado a un segundo plano como consecuencia del mayor interés en la búsqueda de la coherencia a partir de las relaciones léxicas que se crean en el texto.

4.1. LOS ORÍGENES DEL INTERÉS POR LA COHESIÓN TEXTUAL

Entre los primeros autores para los que el término cohesión es la relación existente entre las cláusulas y oraciones de un texto podemos citar a Gutwinski (1976, 26). Gutwinski basa su estudio en el trabajo de Halliday (1964), *The linguistic study of literary texts*, obra en la que este autor hablaba de la cohesión como de una serie de categorías léxicas y gramaticales⁽²²⁴⁾ de utilidad para el análisis literario de textos.

Gutwinski nos cuenta además que el interés de Hasan por la cohesión se manifiesta ya en 1964, fecha en la que presenta en la universidad de Edimburgo su tesis doctoral *A Linguistic Study of Contrastive Features in the Style of Two Contemporary English Prose Writers*, en la que ya trata el tema. Sin embargo, esta

(222) Lo tiene en cuenta al hablar de la coherencia de los textos científicos, Lundquist (1989, 124): «*The establishing of coherence ... may be regarded as an adaptation of new knowledge ... to established knowledge ...*».

(223) Hay que tener en cuenta que en los enfoques de Halliday (1993; 1994) la relación de la información dada y nueva con el tema se lleva a cabo mediante la noción de «tema».

(224) Gutwinski enumera estas categorías que son las mismas que luego se mencionarán en Halliday y Hasan (1976).

autora no publicará una obra sobre el tema hasta 1968, año en que se presenta *Grammatical Cohesion in Spoken and Written English*.

Ese mismo año salía también a la luz el informe OSTI (Huddleston et al., 1968) sobre el inglés científico, del que ya he hablado anteriormente, y en ese informe Winter dedica un capítulo al estudio de uno de los mecanismos de cohesión, lo que el denomina «adjuntos oracionales anafóricos», que coinciden con algunos de los llamados hoy «conectores».

Cohesion in English (Halliday y Hasan, 1976), no fue el primer trabajo que se ocupó del tema de la cohesión como mecanismo de relación oracional, pero sí el que le dio más popularidad al tema y por esta razón es el primero de los enfoques que presento aquí. Estos enfoques han sido seleccionados por constituir aportaciones fundamentales y ejemplificativas de las distintas tendencias existentes a la hora de analizar la cohesión textual. Todos tienen en común además el haberse aplicado al estudio de textos concretos⁽²²⁵⁾. Por supuesto, todos ellos han contribuido con ideas fundamentales al enfoque y análisis realizado en este trabajo.

4.2. LA COHESIÓN SEGÚN HALLIDAY Y HASAN

Cohesion in English fue el resultado del trabajo llevado a cabo durante varios años en el *University College*⁽²²⁶⁾ de Londres, en concreto, dentro del programa «Nuffield» de lingüística y enseñanza del inglés⁽²²⁷⁾. A pesar de haber

(225) No incluyo el análisis de De Beaugrande y Dressler las razones que menciono en el capítulo anterior. Su análisis de la cohesión supone no reconocer su valor semántico y además, resulta difícil de aplicar a un número amplio de textos. Ellos analizan un único texto, «*our rocket text*» (de Beaugrande y Dressler, 1981, 98), y el estudio se complementa con su valoración por varios lectores. La perspectiva es pues totalmente diferente.

(226) Recordemos aquí que el informe OSTI (1968) se prepara en ese mismo centro universitario bajo la dirección de Halliday.

(227) Véase Gutwinski (1976).

sido objeto de diversas críticas⁽²²⁸⁾, esta obra sigue siendo un hito en el estudio del texto y es la más extensa en torno al tema⁽²²⁹⁾, ya que no se han aportado nuevas descripciones igual de detalladas⁽²³⁰⁾. Además, los distintos autores que posteriormente estudiaron el tema no han logrado ponerse de acuerdo a la hora de explicar la cohesión e integrarla con otras nociones de interés como la coherencia.

4.2.1. Dimensión semántica de la cohesión

Halliday y Hasan (1976) entienden la cohesión como las relaciones de significado que permiten que un texto se considere «texto» y no una serie inconexa de oraciones (Halliday y Hasan, 1976, 26). En este sentido, la cohesión es una relación de carácter semántico y por ello, a pesar de que tiene una realización léxico-gramatical, no está condicionada de ninguna forma por la estructura gramatical. Halliday y Hasan afirman que la cohesión es el único medio de explicar las relaciones entre las oraciones de un texto, aunque no niegan la existencia para algunos géneros o registros, de una estructura del discurso que organice las oraciones del párrafo o del texto. En concreto, los autores (1976, 4) definen la cohesión como el conjunto de relaciones semánticas que se crean en el texto y por las que la interpretación de un elemento del texto depende de otro.

(228) Véase, en este sentido, la revisión de las críticas a la obra de Halliday y Hasan de 1976 realizada por Parsons (1990, 13-17) y los artículos de Levy (1979), Urquhart (1983), Harrett (1986) y Lavandera (1992), entre otros.

(229) Si bien es verdad que podríamos objetar que parte de su extensión se debe más a la descripción del funcionamiento gramatical de aquellos elementos que funcionan como lazos cohesivos, que al estudio de la cohesión como tal.

(230) La mayor parte de las publicaciones existentes sobre la cohesión son colecciones de artículos o capítulos de libros. A excepción del libro de Halliday y Hasan (1976), el tema aparece tratado de forma extensa principalmente en tesis, y éstas son casi todas aplicaciones concretas y no desarrollos teóricos del concepto. Véase la bibliografía sobre el tema recogida por Lohmann (1988), «Connectedness of texts: A Bibliographical Survey». Incluso publicaciones más recientes como Stoddard (1991) aportan pocas conclusiones nuevas, a pesar de su sugerente título, «*Text and texture: patterns of cohesion*».

4.2.2. La cohesión y la textura

En estrecha relación con el concepto de cohesión está el concepto de textura que ya he mencionado en el capítulo anterior. La textura es el término que adoptan Halliday y Hasan (1976, 2) para referirse a la cualidad de «ser texto»⁽²³¹⁾ y se logra gracias a los lazos de cohesión que se establecen entre las palabras⁽²³²⁾ (Halliday y Hasan, 1976, 72-74):

«...to take texture, first, it is the property of connectedness, arising from the establishment of certain cohesive ties between the (components of) distinct individual messages in a text».

Pero la textura será una noción ambigua. Halliday y Hasan (1976, 23) dicen que para que un texto sea texto necesita que la textura se complemente con el contexto situacional y aquí radica quizá la causa de la imprecisión del concepto, ya que la noción de contexto situacional abarca muchos factores que influyen de modo global en las características del texto. Además, la forma de manifestarse la relación entre la textura y el contexto situacional no está nada clara, aunque los autores afirmen que se realiza a través de la estructura (Hasan 1979; 1989, 70-96; 1989, 99).

La relación entre el concepto de «textura»⁽²³³⁾ y la «cohesión» tampoco es evidente. A veces parece que Halliday y Hasan (1976, 79) los consideran términos equivalentes:

«But texts cohere; so cohesion within a text -texture- depends on something other than structure. There are certain specifically text-

(231) Ya hemos visto que podría considerarse como otro término para referirse a la condición de textualidad de De Beaugrande y Dressler.

(232) Esto será así especialmente en el estudio de Hasan (1989) de la textura y la cohesión que es predominantemente léxico.

(233) Martin (1992, 382-383) comenta las diferentes concepciones de la textura y los diferentes términos que Halliday y Hasan utilizan para referirse a la coherencia.

forming relations which cannot be accounted for in terms of constituent structure».

En la obra conjunta de 1989, el término aparece mencionado sólo en la parte de la obra que se debe a Hasan⁽²³⁴⁾, quien nos dice que la textura (Hasan, 1979, 370; 1989, 72) se consigue mediante las relaciones semánticas que se establecen entre las palabras del texto y aquí la equivalencia con «cohesión» parece evidente. La única diferencia que Hasan establece entre uno y otro término es la siguiente: «textura» es el término empleado para referirse a la propiedad o cualidad que poseen los textos, mientras que «cohesión» es el nombre que reciben los procedimientos por el que se crean las relaciones semánticas que logran esa textura (Hasan, 1989, 71):

«The texture of a text is manifested by certain kinds of semantic relations between its individual messages».

4.2.3. La cohesión como procedimiento de relación

La cohesión actúa como mecanismo de relación de las oraciones de un texto mediante la dependencia mutua entre dos elementos del texto, de manera que la interpretación de uno requiere la interpretación de otro, mencionado, antes o después, en el texto. Cada vez que entre dos términos del texto se establece una relación de dependencia⁽²³⁵⁾, se crea un lazo de cohesión, «*tie*»⁽²³⁶⁾.

(234) Halliday (1989, 10-12) en su explicación de la noción de texto insiste fundamentalmente en su carácter funcional y en la relación con el contexto.

(235) La existencia de una relación de dependencia entre dos elementos del texto seguirá siendo la clave de enfoques posteriores de la cohesión (Hoey 1983, 1991; Sinclair, 1993). Sin embargo, Hoey y Sinclair explican de forma diferente cómo se realizan estas relaciones de dependencia.

(236) Véase Halliday y Hasan (1976, 329).

Para Halliday y Hasan (1976, 14-15), cuando se establece un lazo cohesivo, el término al que se alude no tiene por qué estar en la oración inmediatamente anterior; puede haber aparecido previamente o aparecer en una oración posterior. Las relaciones de cohesión, además, no tienen por qué ser relaciones consecutivas, de oración a oración, ni tampoco entre oraciones individuales. En el caso de las conjunciones pueden relacionar todo un párrafo anterior con la oración⁽²³⁷⁾ en la que aparecen. Halliday y Hasan (1976, 8-9) se basan en la condición semántica de la cohesión para afirmar que la estructura oracional no condiciona de ninguna forma la cohesión, de modo que pueden encontrarse relaciones cohesivas también dentro de la oración. Sin embargo, para la creación del texto las únicas relaciones de interés son las que se establecen entre las distintas oraciones del texto (1976, 232):

«In terms of our definition of cohesion, if we take the orthographic sentence strictly as it stands, such instances would not be cohesive, since cohesion is a relation between sentences, not a relation within the sentence».

Debo comentar, no obstante, que las ideas de Halliday y Hasan en este sentido son un poco ambiguas, ya que al comienzo del libro hacen hincapié en la idea de que las relaciones de cohesión no tienen nada que ver con los límites oracionales⁽²³⁸⁾.

(237) Este es uno de los puntos que crea más controversia entre los autores. Por ejemplo, para Sinclair (1993; 1994) la trabazón oracional ha de conseguirse oración a oración.

(238) Véase Halliday y Hasan (1976, 8): *«Cohesive relations have in principle nothing to do with sentence boundaries».*

El concepto de «lazo de cohesivo»⁽²³⁹⁾ es esencial, ya que el modelo de textura de un texto en particular se determina en función el número y los tipos de lazos de cohesión que se encuentran en dicho texto. Halliday y Hasan (1976, 13) mencionan la utilización de cinco procedimientos diferentes para crear lazos cohesivos: la referencia, la sustitución, la elipsis, la conexión mediante conjunciones y la cohesión léxica. Estos procedimientos consiguen dos tipos diferentes de lazos cohesivos: lazos gramaticales y lazos léxicos. Los tres procedimientos mencionados en primer lugar, la referencia, la sustitución y la elipsis, crean los lazos de tipo gramatical. La cohesión léxica crea, por supuesto, lazos de tipo léxico y la cohesión mediante conjunciones se considera un procedimiento intermedio entre el léxico y la gramática.

4.2.4. Procedimientos de cohesión: la referencia

El primer procedimiento de cohesión que distinguen Halliday y Hasan es la cohesión referencial. La referencia se produce cuando un elemento se interpreta semánticamente porque existe otra mención en el texto que despeja su ambigüedad. En este sentido, la referencia que funciona como mecanismo de cohesión en el texto es siempre endofórica; es decir, el antecedente se encuentra en el mismo texto. Por esta razón, en el caso de los pronombres personales, los más utilizados como elementos de cohesión son los de tercera persona, ya que los de primera y segunda suelen tener referencia exofórica; es decir, el antecedente se interpreta gracias al contexto situacional⁽²⁴⁰⁾. Halliday y Hasan consideran que la referencia exofórica no contribuye nunca a la cohesión⁽²⁴¹⁾.

(239) El término «tie» ha sido traducido como «lazo cohesivo» por Lavandera (1992).

(240) Cf. Halliday y Hasan (1976, 18). Endófora y exófora evocan la distinción clásica entre anáfora y deixis. Véase Lyons (1977, 660).

(241) Véase Halliday y Hasan (1976, 37): «*Exophoric reference contributes to the CREATION of text, in that it links the language with the context of situation; but it does not contribute to the integration of one passage with another so that the two together form part of the SAME text. Hence it does not contribute directly to cohesion as we have defined it*».

Este uso del término «referencia» en Halliday y Hasan plantea problemas, ya que parece enfrentarse a la concepción semántica del término. En semántica «referencia» se utiliza para aludir a la relación que se crea entre un elemento del discurso y una entidad concreta del mundo exterior (Hurford y Heasley, 1983, 25-26)⁽²⁴²⁾. Sin embargo, este problema se resuelve con la formulación del concepto de referencia anafórica de Lyons (1977)⁽²⁴³⁾. En concreto, Lyons (1977, 660) nos explica:

«Alternatively, we can say that an anaphoric pronoun refers to what its antecedent refers to. This alternative formulation, ..., has the advantage of bringing anaphoric reference within the scope of the current philosophical concept of reference».

Halliday y Hasan distinguen a su vez entre referencia anafórica cuando el antecedente precede al pronombre en el texto y referencia catafórica cuando el pronombre precede al antecedente. De cara a la cohesión, es la referencia anafórica la de más interés, ya que en el texto lo normal es que el elemento que aparece después dependa para su interpretación del que aparece en primer lugar⁽²⁴⁴⁾. En la referencia catafórica, en cambio, es el primer elemento el que depende para su interpretación del que aparece después. Halliday y Hasan nos dicen que es menos frecuente y como casos que aparecen en el texto, mencionan el uso del demostrativo «*this*» y del adverbio «*here*».

En función de los elementos lingüísticos que pueden realizar la referencia, los autores distinguen tres tipos: la referencia personal que afecta a los pronombres personales y a los posesivos, tanto los adjetivos como los pronombres,

(242) La noción de referencia tiene por supuesto muchos otros matices. Véase así el estudio de Lyons (1977, 174-197).

(243) Véase Brown y Yule (1983, 28).

(244) Véase Halliday y Hasan (1976, 19).

la referencia demostrativa y la comparativa. En este último caso, la función cohesiva es consecuencia de que toda comparación supone una referencia a otra entidad con la que se establece la comparación. Halliday y Hasan distinguen dos tipos de comparación. La comparación general que se produce cuando se comparan dos entidades que en realidad son las mismas o de características muy similares:

«Gerald Middleton was a man of mildly but persistently depressive temperament. Such men are not at their best at breakfast».

La comparación particular alude, en cambio, a una propiedad específica de dos entidades, que pueden compararse en cantidad o en cualidad y supone referencia porque existe un patrón en relación al cual se establece la comparación.

Por su importancia para la creación del texto, son especialmente interesantes los conceptos de «referencia ampliada» y de «referencia textual»⁽²⁴⁵⁾, nociones que intuyen ya el fenómeno del «encapsulamiento». Por «referencia ampliada», Halliday y Hasan entienden el pronombre de tercera persona que hace referencia no a un antecedente de persona o cosa en particular, sino a una acción o serie de acciones. Así, en el caso de la descripción de un accidente por parte de un testigo que terminara con la oración *«It all happened so quickly»*, *«it»*⁽²⁴⁶⁾ se referirá a todos los acontecimientos relacionados con el accidente.

La «referencia textual» se utiliza para denominar ese caso en el que un pronombre alude a algo dicho o mencionado antes. El antecedente no es el hecho en concreto sino su mención⁽²⁴⁷⁾:

(245) Véase Halliday y Hasan (1976, 52-53).

(246) Podríamos objetar quizás que esta referencia ampliada se interpreta por la presencia de *«all»*. De no encontrarse esa forma, el antecedente de *«it»* podría ser únicamente *«el accidente»*.

(247) Realmente en muchos casos es posible interpretar las referencias textuales como simples referencias anafóricas y los mismos autores presentan algún ejemplo que admite las dos interpretaciones.

«(The Queen said:) "Curtsey while you're thinking what to say. It saves time." Alice wondered a little at this, but she was too much in awe of the Queen to disbelieve it».

Curiosamente, un ejemplo que Halliday y Hasan (1976, 83) presentan como ilustrativo de un caso de comparación con referencia ampliada mediante la expresión «*so many*»⁽²⁴⁸⁾, tomado como muchos otros de «Alicia en el País de las Maravillas», alude a un problema clave para la cohesión y la coherencia, el seguimiento de la continuidad del referente. Este seguimiento depende de los conocimientos del receptor y se ve afectado por la polisemia y las relaciones léxicas existentes entre las palabras empleadas:

*«Here the Red Queen began again. "Can you answer useful questions?" she said. "How is bread made?"
"I know that!" Alice cried eagerly. "You take some flour -"
"Where do you pick the flower?" The White Queen asked. "In a garden, or in the hedges?"
"Well it isn't picked at all", Alice explained: "it is ground-"
"How many acres of ground?" said the White Queen. "you musn't leave out so many things!».*

Es necesario advertir que los ejemplos presentados por Halliday y Hasan no resultan siempre los más ilustrativos por varias razones. En primer lugar, la obra literaria seleccionada explota al máximo las posibilidades de juego del lenguaje. En segundo lugar, aunque se trate de texto escrito es, en realidad, la transcripción de diálogo. Esto conlleva la presencia de factores contextuales nuevos. Por esta razón, muchos de los ejemplos que los autores presentan admiten varias interpretaciones.

(248) Aunque Halliday y Hasan en el ejemplo mencionan sólo la expresión comparativa «*so many*», en realidad la expresión cohesiva completa es «*so many things*».

4.2.5. La sustitución y la elipsis

Halliday y Hasan consideran que la sustitución y la elipsis son variantes de una misma forma de cohesión consistente en el intercambio de un elemento textual por otro. Se diferencian como mecanismo estructural⁽²⁴⁹⁾. Nos dicen, además, que la sustitución y la elipsis crean no una relación semántica, sino una relación entre términos lingüísticos⁽²⁵⁰⁾. La sustitución reemplaza un término por otro diferente, como en el ejemplo (Halliday y Hasan, 1976, 89):

«My axe is too blunt: I must get a sharper one»

En este caso, el término «axe» es reemplazado en la segunda oración por la «proforma *one*»⁽²⁵¹⁾.

En el caso de la elipsis, el elemento al que se hace referencia no aparece explícito:

«Would you like to hear another verse? I know twelve more».

Halliday y Hasan afirman que la sustitución y la elipsis se producen cuando se sobreentiende el mismo término, aunque la referencia no sea la misma. Así, en las frases *«the blue jacket is mine. The red one is yours»*, se produciría

(249) He aquí un punto débil en la exposición teórica de la cohesión. Si se trata de una relación semántica, de significado, la realización estructural no sería un criterio discriminador. Además, el tratamiento que los autores hacen de la elipsis y la sustitución es tan exhaustivo que supera la explicación de su función como elemento de cohesión y, de hecho, analizan en detalle su funcionamiento gramatical.

(250) Sorprendentemente, esta definición parece contradecir su opinión de que la cohesión es un procedimiento netamente semántico.

(251) Es necesario comentar que la distinción de la sustitución como procedimiento de cohesión atiende a un criterio gramatical y no semántico. Si nos atenemos a la dimensión semántica, como procedimiento de cohesión no tendría por qué distinguirse de la cohesión léxica en la que se utilizan dos términos diferentes para referirse a la misma realidad.

cohesión por sustitución, pero evidentemente no se trata de la misma chaqueta, por lo que no existiría coincidencia en la referencia.

4.2.6. La conjunción

El siguiente mecanismo de cohesión que presentan Halliday y Hasan es la conjunción. La conjunción no establece simplemente relaciones anafóricas, ya que la función del elemento conector que crea la relación es indicar la relación existente entre lo que se ha dicho antes y lo que se va a decir ahora. (Halliday y Hasan, 1976, 227-229). En realidad, la relación que existe entre las oraciones que se enlazan mediante conjunción es una relación semántica que afecta a las ideas expresadas y que ese elemento conector hace explícita.

Los elementos que pueden funcionar como conectores en la cohesión por conjunción son las comúnmente denominadas conjunciones, diversos adverbios y algunas frases preposicionales acompañadas de demostrativo u otra expresión referencial. Los términos que los autores (1978, 228) emplean son «*conjunctive*», «*conjunctive adjunct*» y «*discourse adjunct*».

La cohesión por conjunción es un procedimiento que se encuentra a medio camino entre el léxico y la gramática, ya que no es ni propiamente léxico, ni propiamente gramatical. El hecho de que algunas conjunciones influyan decisivamente en la sintaxis oracional las hace merecedoras del atributo «gramatical». Pero, como elementos de cohesión lo que interesa de las conjunciones es su significado. El uso esencialmente cohesivo de la conjunción se produce cuando el conector aparece al principio de una oración separada del contexto anterior por una pausa fuerte. En muchos casos, se enlaza no sólo la oración anterior, sino todo un párrafo.

Halliday y Hasan clasifican las relaciones por conjunción atendiendo a

su significado en cuatro tipos, que coinciden con los tipos lógicos fundamentales: aditivas, adversativas, causales y temporales. La relación de adición indica la presentación de hechos o ideas que el escritor considera que amplían o refuerzan los mencionados anteriormente. La relación adversativa indica que la información que da el escritor es contraria a lo esperado en razón de lo dicho antes. Las relaciones causales pueden establecerse entre los hechos que se mencionan o entre las ideas que el escritor aporta. Entre las relaciones causales se incluyen la expresión de la causa, el efecto, el resultado, la intención, la finalidad y la condición. Las relaciones temporales expresan la relación de tiempo que existe entre las ideas enlazadas.

Halliday y Hasan nos dicen que el valor de estas relaciones no es de elementos lógicos, sino textuales, y su significado puede ser de dos tipos, experiencial cuando aluden a la representación lingüística de la experiencia e interpersonal cuando aluden a la participación en la comunicación. Por consiguiente, hablan de relaciones internas y externas (Halliday y Hasan, 1976, 241)⁽²⁵²⁾. Esta distinción afecta a los cuatro tipos mencionados. Por «externa» se entiende la relación que existe entre los hechos de los que se habla e «interna», la que se establece en el texto entre las diferentes ideas que se expresan. Halliday y Hasan (1976, 239) presentan el siguiente ejemplo de relación temporal externa e interna:

- «a. Next he inserted the key into the lock.*
- b. Next, he was incapable of inserting the key into the lock».*

En los dos casos la presencia del término «next» hace presuponer la existencia de una oración anterior y en los dos casos existiría una relación temporal entre las oraciones. Pero, en el primer ejemplo sería una relación «externa» entre dos sucesos, como se ve claramente si anteponeamos la oración «*First he switched on the*

(252) Esta distinción la han mantenido también otros autores (Mederos, 1988; Martin 1992; Eggins, (1994), aunque no siempre con las mismas denominaciones. Por ejemplo, Fuentes (1987, 75) habla de relaciones lógicas y relaciones intradiscursivas. Martin (1992, 183) reconoce que aunque es una distinción interesante teóricamente, en la práctica no es una distinción de interés.

light». En el segundo caso, en cambio, la relación temporal se establecería entre las afirmaciones realizadas por el autor del texto y por ello, sería una relación «interna». En este caso, la oración iniciada por «next» podría ir precedida de una oración como la siguiente: «*First he was unable to stand upright*».

4.2.7. La cohesión léxica

El último mecanismo de cohesión mencionado por Halliday y Hasan es la cohesión léxica que se consigue, como su nombre hace suponer, mediante el léxico⁽²⁵³⁾. La cohesión léxica presenta dos modalidades: la reiteración y la colocación. En ambos casos suele establecerse entre elementos distantes, en ocasiones, incluso varias oraciones.

La reiteración puede ser repetición de la misma palabra o bien su sustitución por un sinónimo, un hiperónimo o un nombre genérico; siempre que se trate de reiteración con sustantivo, éste va acompañado del artículo determinado⁽²⁵⁴⁾.

Los autores mencionan que en el caso de los nombres genéricos la barrera entre el procedimiento léxico y el gramatical casi desaparece⁽²⁵⁵⁾, ya que la función desempeñada por este tipo de nombres es muy similar a la realizada por la referencia personal o la demostrativa o por las proformas en el caso de la

(253) Es necesario, sin embargo, mencionar que la frontera entre mecanismos léxicos y gramaticales no es siempre evidente. Así, ya he mencionado que en el caso de la cohesión mediante conjunción podría considerarse un procedimiento léxico. De igual forma, como varios autores notarán en el futuro, algunos ejemplos de cohesión léxica realizan la misma función que la cohesión por referencia.

(254) Se confirma así que la cohesión es esencial para el reconocimiento de la información que es conocida, ya que el determinante definido sólo se emplea cuando ese término está definido por el contexto.

(255) Los autores (1976, 279) reconocen este hecho: «*Hence the boundary between lexical cohesion of the type we are calling REITERATION, and grammatical cohesion of the REFERENCE type, is by no means clearcut*».

sustitución. Entre los nombres genéricos que los autores mencionan están «*man*» «*woman*», «*people*», «*person*», «*creature*», «*thing*», «*object*»⁽²⁵⁶⁾. En la sustitución por un nombre genérico o por un hiperónimo, la repetición del mismo término y la sinonimia, lo más probable es que exista coincidencia en la referencia. No obstante, para Halliday y Hasan la cohesión se produce también en los casos en los que no se da esta coincidencia de referencia.

Sorprende que los autores consideren cohesiva la repetición del mismo término sin que el designado coincida⁽²⁵⁷⁾, pero así es. En este sentido, Halliday y Hasan (1976, 283) distinguen en cuanto a la referencia cuatro tipos de enlaces léxicos cohesivos, idénticos, inclusivos, exclusivos o inconexos:

- «There's a boy climbing that tree.
a. The boy's going to fall if he doesn't care.
b. Those boys are always getting into mischief.
c. And there's another boy standing underneath.
d. Most boys love climbing trees».*

El chico de (a) es el mismo que se sube al árbol en la primera oración; se trata, por tanto, de un enlace idéntico. Ese chico se encuentra también entre los chicos que se mencionan en la frase de (b) y, por ello, es un enlace inclusivo. Sin embargo, (c) es un ejemplo de enlace exclusivo porque el chico que se nombra no puede ser en ningún caso el mencionado en primer lugar. De igual forma, (d) es un ejemplo de enlace inconexo porque los chicos que se mencionan no tiene por qué guardar ninguna relación con el mencionado antes.

(256) Cito las palabras en inglés mencionadas por los autores, ya que su traducción no siempre sería el equivalente de la palabra utilizada como enlace cohesivo. Por ejemplo, usos de la palabra «*man*» como enlace cohesivo se traducirían al español por «*persona*».

(257) La relación existente entre la cohesión léxica y la referencia anafórica que los mismos autores destacan y el hecho de que la cohesión sea un fenómeno eminentemente semántico parecen indicar que la relación de cohesión existiría por la coincidencia en la referencia semántica, no en las realizaciones lingüísticas.

El procedimiento de cohesión léxica que alude al establecimiento de una relación cohesiva en la que no hay identidad de referencia es la «colocación» o «co-ocurrencia léxica»⁽²⁵⁸⁾. La cohesión por «colocación» se logra cuando se utilizan en el texto palabras que están de alguna forma relacionadas semánticamente y que con frecuencia aparecen en un mismo contexto o en contextos simétricos.

Como puede apreciarse de la siguiente afirmación de los autores (1976, 284), insisten en la irrelevancia de la referencia coincidente:

«Properly speaking, reference is irrelevant to lexical cohesion. It is not by virtue of any referential relation that there is cohesive force set up between the occurrences of a lexical item; rather, the cohesion exists as a direct relation between the forms themselves (and thus is more likely substitution than reference)».

Esto constituye una inconsistencia de la teoría y ha sido la causa de importantes críticas. Es conocido el ejemplo de Enkvist (1978) sobre la existencia de cohesión sin coherencia que citan Brown y Yule (1983, 197) y que a continuación incluyo por lo ilustrativo que resulta:

«I bought a Ford. A car in which President Wilson rode down the Champs Elysées was black. Black English has been widely discussed. The discussions between the Presidents ended last week. A week has seven days. Every day I feed my cat. Cats have four legs. The cat is on the mat. Mat has three letters».

Podría afirmarse que el texto presenta repetición léxica, pero en ningún caso puede confirmarse la coincidencia de la referencia de esas expresiones. Es evidente, en mi opinión, que la mera coincidencia léxica no supone la existencia de cohesión. La cohesión se basará en la existencia de información dada en la oración previa que ayuda a interpretar la información nueva de la oración siguiente. En estas oraciones, esa información coincidente no existe.

(258) Para el origen y el uso del término «collocation» en inglés y en español, véase Downing (1982).

Podría aducirse en defensa de Halliday Hasan (1976) que esta función que asignan a la «colocación» en la creación de relaciones de cohesión deriva del tipo de texto sobre el que basaron su estudio. Halliday y Hasan estudian la cohesión en obras literarias y en el texto literario los recursos estilísticos, la repetición, los juegos de palabras son decisivos a la hora de crear la realidad textual. Además, en el texto literario, la realidad textual está por encima de la realidad «real». El ejemplo de texto de Enkvist es un texto expositivo y ahí sólo importa la realidad de la que se habla. La noción de cohesión está en estrecha relación con la variedad de lenguaje y cada variedad puede presentar un uso particular de los recursos cohesivos.

4.2.8. Revisión posterior de esta teoría

En una descripción posterior de la cohesión, Halliday (1994) distinguirá únicamente cuatro mecanismos de cohesión: la referencia, la elipsis, la conjunción y la organización léxica. Otra novedad de esta revisión es el sistema de clasificación de las relaciones cohesivas mediante conjunción, ya que Halliday adoptará la misma clasificación que emplea para las relaciones clausales⁽²⁵⁹⁾ y hablará de tres tipos: elaboración, extensión y enriquecimiento (Halliday, 1994, 324). La elaboración puede ser de dos tipos, aposición o aclaración. La aposición, a su vez, puede presentar dos formas, explicación o ejemplificación. La aclaración incluye tipos muy diversos como la corrección, la especificación o la recapitulación. La extensión incluye la adición que puede ser positiva, negativa o adversativa y la variación que puede suponer la sustitución total o parcial. El enriquecimiento puede presentar también variaciones. Halliday (1994, 325) las agrupa en cuatro tipos, espacio-temporales, de modo, causales-condicionales y en relación al asunto del que se habla⁽²⁶⁰⁾.

(259) Véase Halliday (1985; 1989) y Downing y Locke (1992).

(260) Las diferentes posibilidades que cada tipo puede adoptar pueden verse en Halliday (1994, 325-329). Esta clasificación permite ver la conexión entre la cohesión y el modo de construirse el texto. Véase así los tipos de relaciones de coherencia que señalan Mann y Thompson (1988) y las funciones textuales que menciona Casado Velarde (1993).

Otra novedad interesante es la división de las características que contribuyen a la creación del texto, en estructurales y cohesivas y entre las primeras menciona la distinción tema/remata y la información dada y nueva. Sin embargo, Halliday no llega a exponer con precisión la relación existente entre ellas. Se olvida Halliday (1985; 1994) de la estrecha relación entre la cohesión no estructural y el sistema de la información dada y nueva, quizá debido a que para Halliday la noción de información dada incluye también la información conocida. Como ya hemos mencionado en el capítulo 2, Halliday (1994, 298) considera la información dada como información recuperable y nos dice en concreto:

«What is treated as recoverable may be so because it has been mentioned before; but that is not the only possibility. It may be something that is in the situation, like I and you; or in the air, so to speak: or something that is not around at all but that the speaker wants to present as Given for rhetorical purposes».

Esta concepción de la inclusión de la información conocida en la información dada olvida que la noción de «información conocida» depende de un lector particular. Es pues una noción subjetiva que varía para cada escritor y cada lector.

4.3. LA COHESIÓN EN ESPAÑOL SEGÚN HUMBERTO MEDEROS

En 1988, se publica «Procedimientos de cohesión en español» de Humberto Mederos, obra de gran interés para este trabajo puesto que el autor aplica al español el estudio de la cohesión de Halliday y Hasan, aunque por supuesto presentará algunas modificaciones. Es, por esta razón, por la que a pesar de los doce años que la separan de la obra de estos autores, la sitúo a continuación.

La intención de Mederos es estudiar los recursos de cohesión del español. Para ello, utilizará como fuente documental textos escritos, ya que considera que el medio escrito es el que despliega al máximo la capacidad cohesiva de la lengua. Sin embargo, su estudio de la cohesión no se limita al lenguaje escrito y algunos de los ejemplos que presenta, aunque están tomados de textos escritos, son en realidad, transcripciones de lenguaje hablado y diálogo que presentan procedimientos de cohesión propios de la conversación, aunque por supuesto no serán conversaciones improvisadas⁽²⁶¹⁾.

Para Mederos, la cohesión es el mecanismo de trabazón oracional, pero en ningún caso, la garantía de la coherencia textual. En concreto, Mederos (1988, 21-22) define la cohesión como el conjunto de medios lingüísticos empleados para conectar semánticamente algo que aparece en una oración con algo que normalmente ha aparecido antes. En definitiva, la cohesión permite enlazar y contextualizar las oraciones del texto (Mederos (1988, 12):

«El objetivo del presente trabajo no es otro que el de analizar los procedimientos de que dispone el español para contextualizar oraciones del sistema».

En coincidencia con Halliday y Hasan (1976), afirma que la cohesión no es un fenómeno exclusivamente supraoracional; se trata simplemente de una relación semántica a la que le son indiferentes los límites oracionales. Existen relaciones de cohesión tanto intraoracionales como extraoracionales, aunque son éstas últimas las que interesan a la hora de lograr la cohesión textual.

Una de las aportaciones de este trabajo es la percepción de que los

(261) Es importante reconocer que la conversación y el diálogo pueden presentarse por escrito. Una distinción interesante de cara a la cohesión y la coherencia es entre discurso elaborado y discurso improvisado. Blakemore (1992, 87) lo menciona al tratar el problema de la coherencia y cuenta como fue Deirdre Wilson quien personalmente le señaló la posibilidad de que fragmentos de diálogos o conversaciones constituyesen «discurso elaborado».

cinco procedimientos de cohesión que distinguían Halliday y Hasan pueden agruparse en dos tipos diferentes: la anáfora y la conexión⁽²⁶²⁾. La anáfora reúne aquellos casos en que la relación de cohesión se establece entre los componentes de las oraciones, y la conexión, en cambio, existe cuando la relación se establece globalmente entre las oraciones⁽²⁶³⁾.

4.3.1. La cohesión por anáfora

Mederos incluye en la cohesión anafórica, la cohesión referencial, la sustitución, la elipsis y la cohesión léxica de Halliday y Hasan (1976). Antes de explicar el funcionamiento cohesivo de las relaciones anafóricas, el autor trata los aspectos teóricos que plantea el estudio de la anáfora: la definición del concepto de anáfora y su relación con fenómenos con los que comparte características comunes como la catáfora, la referencia, la deixis y la concordancia.

Para Mederos (1988, 39), la anáfora cohesiva es una relación entre dos elementos del texto por la que uno de ellos se interpreta en función de otro que se ha mencionado, generalmente antes, de un modo explícito o implícito. Mederos admite también la posibilidad de que ese elemento necesario para la interpretación esté ausente.

(262) Esta distinción de Mederos coincide con la distinción de Hasan (1989, 81) entre mecanismos orgánicos y mecanismos componenciales. Los mecanismos orgánicos relacionan entre sí globalmente las oraciones y los mecanismos componenciales relacionan entre sí elementos de esas oraciones. Sin embargo, Mederos (1988, 260) cuando menciona los casos de anáfora demostrativa y léxica que hacen referencia a oraciones completas no considera su funcionamiento como mecanismo orgánico y su relación con la conexión, aunque sí lo hace en el caso de las expresiones «por esto» y «por eso» (Mederos, 1988, 78).

(263) En realidad, esta clasificación de Mederos, aunque acertada como tal, fracasa a la hora de la denominación, ya que en la práctica como demostrará el estudio aquí realizado la cohesión anafórica puede funcionar también como mecanismo orgánico de forma que un término anafórico puede recuperar toda una oración anterior.

Para su descripción, el autor (1988, 45) decide seguir a Huddleston⁽²⁶⁴⁾ y distinguir entre la anáfora con «proforma» o sustituto, la anáfora mediante frase nominal definida y la anáfora nula o elipsis. Veamos ahora cada uno de estos tipos.

4.3.1.1. La anáfora mediante proforma

Mederos nos dice que la proforma es un término que funciona como sustituto. En español funcionan como tales proformas los pronombres personales de tercera persona, ya que son los únicos pronombres que suponen una mención anterior, los demostrativos y algunos otros elementos como el verbo «*hacer*» y el adverbio «*así*».

Destaca Mederos el funcionamiento de los demostrativos neutros como expresiones potencialmente referenciales y nos informa de que su valor cohesivo ya lo reconocía Bello⁽²⁶⁵⁾. Recuperan en muchos casos la información contenida en una expresión que tiene como centro un verbo. Mederos⁽²⁶⁶⁾ presenta varios ejemplos que integran toda la información de la oración anterior:

«La mente humana no ha caído del cielo. Esto es lo que, sin embargo, mantuvo en cierto modo durante siglos la filosofía inspirada en Platón y en Aristóteles».

Pero no los agrupa dentro de la cohesión por conexión, ya que no reconoce su funcionamiento como elementos de cohesión de carácter global. En

(264) Mederos (1988, 43-45) comenta las objeciones que Huddleston (1976, 251-252) ha puesto al tratamiento de la cohesión anafórica realizado por Halliday y Hasan. En concreto, el hecho de que consideren como anafórica la cohesión léxica cuando la repetición de una palabra no siempre supone el mismo referente.

(265) Cf. Bello (1981, pár. 296): «*Sirven asimismo los demostrativos neutros para reproducir conceptos precedentes, que no se han declarado por sustantivos, sino por verbos o por proposiciones enteras*».

(266) Véase Mederos (1988, 78)

cambio, las expresiones «por esto» y «por eso» las trata en el apartado de la conexión (Mederos, 1988, 78).

4.3.1.2. La anáfora mediante frase nominal definida

En este tipo de enlace el término anafórico es una frase nominal cuyo determinante es un artículo, un posesivo o un demostrativo. Mederos menciona al estudiar el valor anafórico de los demostrativos y del artículo que ese valor descansa por igual en el nombre que en el determinante⁽²⁶⁷⁾. Y por eso, nos advierte que sólo tiene sentido hablar de cohesión léxica cuando el nombre va acompañado de un determinante «definido».

El mecanismo más frecuente de anáfora mediante frase nominal es el de la reiteración que puede consistir en la repetición del mismo lexema, la presencia de un lexema sinónimo o casi sinónimo, o la presencia de un lexema hiperónimo. La reiteración por repetición del mismo lexema ocurre por afán de precisión o por la dificultad para encontrar un sinónimo o un hiperónimo adecuados⁽²⁶⁸⁾. Mederos incluye dentro de la reiteración la nominalización y nos dice que es frecuente la reiteración nominalizada que recupera un verbo o un adjetivo de la oración anterior. Así, en el ejemplo siguiente el verbo «intervenir» de la primera oración se recupera en el nombre «intervención» (Mederos, 1988, 118):

«La policía intervino también violentamente en Gdansk contra varios grupos de personas [...]. La intervención policial se produjo una vez que el coche de Walesa había abandonado la zona».

La reiteración mediante hiperónimo se produce cuando se utiliza un término más general o superordinado para referirse a otro más específico o subordinado mencionado previamente. Comenta Mederos que en español, el orden

(267) Véase Mederos (1988, 98).

(268) Este comentario de Mederos reconoce el diferente funcionamiento de la repetición en inglés y en español.

más frecuente es el de hipónimo-hiperónimo que puede considerarse como el orden no marcado.

En estrecha relación con la reiteración por hiperónimo, está la denominada por Mederos «anáfora forzada». Este fenómeno supone que tanto el antecedente como el anáfora⁽²⁶⁹⁾ están en el texto, pero no se encuentran al mismo nivel. En palabras de Mederos, «*el antecedente está "dentro" o "debajo" de alguna palabra*». Así en el ejemplo de Mederos que citaré a continuación, vemos como el antecedente de «*este período*» es el adjetivo «*terciarios*» del grupo nominal, «*Todos los animales terciarios*»:

«Todos los animales terciarios poseen cerebros pequeños. Durante este período se advierte un gradual incremento en el tamaño del cerebro».

En la reiteración mediante sinónimo o casi sinónimo, la relación cohesiva se consigue gracias a la identidad común en el texto de los dos términos, ya que, en realidad, no existen sinónimos absolutos. Es frecuente también encontrar casos en los que a la sinonimia se suma la nominalización:

«Nada más puedo recordar. Ese olvido, ahora insuperable, fue quizá voluntario».

Es necesario comentar que Mederos menciona un tipo de cohesión léxica que se consigue mediante frases nominales correferenciales en las que él afirma no hay relación léxica alguna, ya que la identidad referencial sólo se establece en función del conocimiento extralingüístico o de la información aportada por el texto:

«Guillermo Ungo, máxima figura del Frente Democrático Revolucionario (FDR), rama política de la oposición al régimen salvadoreño [...] Según el dirigente del FDR [...] El dirigente de la oposición ha recordado [...]».

(269) Mederos (1988) denomina «anáfora» al término anafórico al que es necesario encontrarle un antecedente.

Con frecuencia, la identidad de la referencia se hace explícita por medios sintácticos como la aposición o la atribución, de forma que cuando se usan esas expresiones en las oraciones siguientes ya constituyen conocimiento sabido⁽²⁷⁰⁾. En realidad, en estas menciones sí existe relación léxica. En primer lugar, entre «dirigente» y «una máxima figura» podríamos admitir una relación de sinonimia. En segundo lugar, entre el nombre propio y su caracterización existe una relación metonímica entre nombre genérico y caso específico de realización particular. La relación existe, aunque para descubrirla no son suficientes los conocimientos lingüísticos como tales. Reconocer tal relación requiere lo que se denomina conocimiento extralingüístico o conocimientos culturales.

Una aportación importante del trabajo de Mederos es que opina que la aparición casual de la misma forma léxica sin coincidencia de referencia no contribuye a la creación de lazos cohesivos⁽²⁷¹⁾. Por ello, Mederos rechaza como mecanismos de cohesión, la «cohesión léxica pura», por la que entiende simplemente la coincidencia formal, y la colocación; y así afirma (Mederos, 1988, 260):

«La mera presencia en el texto de piezas léxicas entre las que se pueden reconocer relaciones léxicas sistemáticas o colocativas no basta para, si se dan en distintas oraciones, ver en ellas lazos cohesivos, y menos aún muestras de anáfora».

Sin embargo, Mederos no llega a percibir exactamente la naturaleza anafórica de algunas repeticiones⁽²⁷²⁾ como se observa en el ejemplo que presenta

(270) En este ejemplo de Mederos vemos la relación entre cohesión y conocimientos. Resulta evidente que en este caso el escritor informa explícitamente al lector de las diferentes formas de referencia. En aquellos casos en los que el escritor considere esos conocimientos como sabidos, se utilizarán las diferentes expresiones sin indicar la relación.

(271) Mederos (1988, 128) vuelve a apoyarse en Huddleston (1978, 351) que también había observado que la coincidencia de formas léxicas no ayuda a distinguir entre una secuencia oracional textual y una serie de oraciones yuxtapuestas al azar.

(272) Una de las razones es que considera que la anáfora mediante frase nominal requiere siempre la presencia de un determinante definido.

para explicar los cuatro tipos posibles de enlaces de referencia que señalaban Halliday y Hasan: enlace idéntico, enlace inclusivo, enlace exclusivo y enlace inconexo. En el ejemplo que adapta del presentado por Halliday y Hasan (1976, 283), una frase admite cuatro continuaciones diferentes. En todas ellas se presenta una reiteración, pero el tipo de referencia hace que el enlace sea diferente en cada caso.

«El coche estuvo a punto de atropellar a un perro.

- a. El perro andaba solo por la carretera.*
- b. No se debería dejar a esos perros en lugares tan peligrosos.*
- c. Y otro perro le seguía no muy lejos.*
- d. Muchos perros se desconciertan cuando se les viene encima un coche».*

«El perro» de (a) y «un perro» tienen la misma referencia, se trata, por ello, de un enlace idéntico. La expresión de (b), «esos perros», podría incluir también el perro a punto de ser atropellado. Se trata, por ello, de un enlace inclusivo; es decir, la referencia del término, aunque más general, incluye también la de la mención anterior. En (c) se especifica que se trata de otro perro, por esto es exclusivo, ya que se trata de otra entidad, aunque sea del mismo tipo y en (d) no hay ninguna relación con el perro de la frase inicial, por lo que se trata de un enlace inconexo, en el que no hay ninguna relación entre los términos que se repiten. Sin embargo, esto no es así, ya que la repetición del término «perro» crea una relación metonímica de referencia específica y referencia genérica. La expresión «muchos perros», podría incluir al perro de la frase inicial y considerarse una explicación de por qué el perro estuvo a punto de ser atropellado.

4.3.1.3. La anáfora por elipsis

Finalmente, trata Mederos la anáfora por elipsis o anáfora nula. La anáfora por elipsis incluye aquellas construcciones en las que la palabra a la que se hace referencia está ausente, pero es recuperable en el contexto por ser imprescindi-

ble para que la construcción esté completa estructuralmente⁽²⁷³⁾. Mederos insiste en esta condición y así afirma que cuando la recuperación se hace por referencia al contexto de la situación, la elipsis ya no es anafórica. Además, para ser cohesiva, la pieza léxica que se recupera debe estar presente en otra oración del texto.

Mederos realiza un estudio muy amplio de la elipsis. Como tal entiende el fenómeno de las «ausencia lingüísticas» (Mederos, 1988, 129), que permite que ciertos mensajes comuniquen más de lo que dicen. Además de revisar el tratamiento de este fenómeno por varios autores, recoge y sistematiza numerosos ejemplos del funcionamiento de la elipsis en español. Se le puede objetar quizá que su tratamiento esté orientado desde un punto de vista esencialmente gramatical y por tanto, muy general. Así, al explicar la frase nominal elíptica, organiza los casos en función del determinante empleado y presenta muchos ejemplos de elipsis que realmente no constituyen lazos cohesivos⁽²⁷⁴⁾. Otra de las objeciones posibles es que no se ocupa estrictamente de la elipsis cohesiva en el texto escrito. El estudio de Mederos presenta muchos ejemplos de diálogos o textos creados mediante preguntas y repuestas, que presentan mecanismos de cohesión propios que difieren de los que interesan en el caso del «texto seguido».

Un aspecto interesante del tratamiento de la elipsis por Mederos es su reconocimiento de la relación que existe entre ésta y los denominados argumentos del verbo, es decir, las entidades y circunstancias que cada verbo⁽²⁷⁵⁾ supone.

La elipsis anafórica cohesiva puede presentar los siguientes tipos:

(273) Realmente, la cohesión por elipsis plantea un problema: qué se entiende exactamente por «gramaticalmente recuperable» o por «completo estructuralmente» (Mederos, 1988, 144). En el caso del español, la ausencia del sujeto de tercera persona, según Mederos (1988, 143), se consideraría incompletitud semántica.

(274) Véase Mederos (1988, 145 - 149)

(275) Estos argumentos evidentemente se relacionan con el sistema de la transitividad de la gramática sistémico-funcional. Véase por ejemplo Halliday (1985), Downing y Locke (1992) y Eggins (1994).

nominal, comparativa y verbal o clausal. En el caso de la elipsis nominal nos encontramos ante una frase nominal en la que es necesario añadir un sustantivo previamente mencionado, como el ejemplo siguiente:

«¿Por qué coche te decides? Este es el más económico».⁽²⁷⁶⁾

Mederos nos dice que el demostrativo concordante sólo o con otros modificadores forma frase nominal elíptica cuando puede adjuntársele un nombre mencionado antes. Sin embargo, a veces, es difícil interpretar si el fenómeno que se produce es el de elipsis o el de referencia pronominal⁽²⁷⁷⁾. Veamos otros de los ejemplos mencionados por Mederos:

«El pasado tiene razón, la suya. Si no se le da esa que tiene, volvería a reclamarla» (Ortega, *La rebelión de las masas*, 153, Madrid, Revista de Occ., 39ª, ed., 1966).

En este ejemplo sólo es posible añadir el nombre «razón». Para eliminar el demostrativo habría que hacer desaparecer también la oración de relativo. Sin embargo, en otros casos, el demostrativo sustituye la expresión nominal completa con su determinante:

«A la vista de estos hechos, algunos primatólogos han distinguido dos tipos de primates: los gibones y monos, de un lado, y los grandes simios. Aquéllos pertenecen a la clase de los primates instintuales; éstos a la de los primates de cultura».

Como indicadores de una frase nominal elíptica, pueden aparecer además de los determinantes, los cuantificadores y los adjetivos, una serie de

(276) Aunque, en este ejemplo, podríamos plantearnos si la relación de cohesión se establece por elipsis o por anáfora, gracias a la presencia de «éste».

(277) Downing y Locke (1992, 414) comentan que en inglés la presencia del demostrativo se considera elipsis.

sustantivos indefinidos como «*mayoría*», «*generalidad*», colectivos como «*número*», «*grupo*», «*infinitud*», «*medio*», y también de nombres relacionales como «*lado*», «*superficie*», «*explicación*», «*parte*», que en casi todos los casos sobreentienden la existencia de una frase preposicional en la que existe un nombre que especifica su contenido.

La elipsis anafórica cohesiva puede también ser comparativa. Se agrupan aquí todos aquellos casos de elipsis en los que se implica algún tipo de comparación. Siguiendo a Halliday y Hasan (1976) Mederos distingue varios tipos de comparación. La comparación está implícita en la identidad-igualdad, en la semejanza y en la diferencia. Cuando se comparan entre sí dos entidades (objetos o procesos) para ver si son iguales o semejantes entre sí, se produce la comparación general. Existe otra modalidad, la comparación particular que se establece atendiendo a cierta cantidad o cualidad de las entidades. Entre las piezas léxicas que señalan la comparación general en español Mederos menciona las siguientes: el adjetivo «*mismo*», las expresiones «*igual*» e «*idéntico*», «*propio*», «*semejante*», «*similar*» y «*análogo*», «*otro*», etc.

Mederos cita como un tercer tipo de elipsis cohesiva, la elipsis verbal, que se produce cuando no hay verbo porque se presupone en el contexto. Mederos trata, en primer lugar, la elipsis del verbo en general, tanto de las formas finitas como las no-finitas. En segundo lugar estudia la elipsis en el diálogo y en tercer lugar la elipsis en el discurso de un mismo hablante. No recogeré aquí la explicación tan detallada que Mederos presenta sobre los diferentes tipos de elipsis verbal y en concreto en el diálogo por ser de menor interés para este estudio. Incluso el último apartado dedicado a la elipsis en el discurso del mismo hablante demuestra que está es frecuente sobre todo en el discurso de preguntas y respuestas. La mayoría de los ejemplos que Mederos menciona son ejemplos tomados de obras literarias en las que los personajes dialogan consigo mismos. Una excepción de interés la constituye la elipsis verbal propia del discurso preparado como el ejemplo siguiente (Mederos, 1988, 207):

*«Para ilustración del **Pari**, cabría citar los textos de Arnobio, de Armond y de Algazel que indicó Así Palacios [...]; para ilustración del fragmento contra la pintura, aquel pasaje del décimo libro de La República, donde se nos dice que Dios crea el Arquetipo de la mesa, el carpintero, un simulacro; para ilustración del fragmento 72 [...], su prefiguración en el concepto del microcosmo».*

4.3.2. La cohesión mediante conexión

La conexión es el procedimiento por el que se establecen enlaces cohesivos globalmente entre las oraciones y las cláusulas, a diferencia de los enlaces cohesivos anafóricos que se crean entre los elementos de la oración. (Mederos, 1988, 211):

«Mediante la conexión se enlazan oraciones (o cláusulas) o, con más precisión, los contenidos de las oraciones (o cláusulas), esto es, proposiciones. La conexión, especie de la cohesión, es una relación semántica».

Además, esos enlaces se crean en función del contenido. Por eso, es posible reconocer la existencia de una relación determinada, aunque no se indique explícitamente. Mederos nos advierte, en coincidencia con Halliday y Hasan (1976), que estas relaciones de conexión pueden manifestarse también dentro de la misma cláusula.

Como indicadores de las relación de conexión podemos encontrar elementos de tipos muy diversos, entre los que Mederos destaca las conjunciones y los complementos adverbiales⁽²⁷⁸⁾ de diferentes tipos. Es interesante comentar el problema que se le plantea a Mederos a la hora de clasificar expresiones como

(278) Mederos (1988, 212-213) clasifica estos complementos adverbiales siguiendo a Greenbaum (1969) en «adjuntos», «disjuntos» y «conjuntivos». Los disjuntos pueden referirse a la forma de la comunicación o a la actitud del hablante sobre lo que dice y los conjuntivos se caracterizan por orientarse hacia afuera y conectan la cláusula con otra cláusula de la misma oración o de otra.

«*después de eso*» y todas aquellas en las que se encuentra un pronombre. Mederos nos dice que la fuerza cohesiva de la expresión reside esencialmente en el pronombre por lo que deberían clasificarse como relación anafórica⁽²⁷⁹⁾, pero esto lo desaconseja el hecho de que la ausencia del pronombre no modifique su valor⁽²⁸⁰⁾.

Para clasificar los conectivos⁽²⁸¹⁾, Mederos tiene en cuenta su significado y reconoce cinco tipos diferentes de conectivos: aditivos, disyuntivos, adversativos, causales y temporales. El mismo Mederos reconoce que se inspira en Halliday y Hasan (1976), y a excepción de los disyuntivos, que ellos no distinguían, su descripción de los diferentes conectivos sigue la misma organización. Quizá Mederos se vea obligado a considerar la disyunción como un tipo aparte influido por el estudio lógico del lenguaje⁽²⁸²⁾, aunque él mismo reconoce que el enfoque lógico en algunos casos simplemente desvirtúa el estudio del lenguaje (Mederos, 1988, 235)

Asimismo, siguiendo a Halliday y Hasan (1976) Mederos distingue dos clases de relaciones conectivas: externas e internas. Las relaciones que se dan entre fenómenos externos, que tienen lugar en la realidad, y las que son internas al proceso de comunicación, es decir, aquellas que se establecen entre los enunciados del texto. Merece la pena mencionar que Mederos percibe la relación que hay entre esta distinción y la de Van Dijk (1981) de conectores semánticos y pragmáticos.

(279) Véase Mederos (1988, 214).

(280) Mederos (1988, 215) toma directamente las ideas de Halliday y Hasan (1976, 230-1) que realizaban ese mismo comentario con respecto a «*as a result*» y «*as a result of that*».

(281) «Conectivo» es la denominación que emplea Mederos. En la bibliografía española, estos elementos han recibido denominaciones muy variadas como veremos en el capítulo 8. Entre ellas podemos mencionar aquí las de «enlaces extraoracionales» (Gili Gaya, 1961; Fuentes, 1987), «operadores discursivos» (Casado Velarde, 1991), conectores (Portolés, 1993; Gallardo, 1997), «marcadores del discurso» (Martín Zorraquino y Montolío Durán, 1998).

(282) La influencia de esta importante distinción lógica se ha dejado sentir en el lenguaje recientemente en la expresión y/o, para indicar que las opciones unidas no son excluyentes. En el lenguaje natural esta indicación resulta innecesaria, ya que la forma «o» simplemente indica la existencia de dos opciones, pero no que sean excluyentes.

Quiero destacar la importancia de un comentario que Mederos hace. Al mencionar la posibilidad de coexistencia de dos conectivos en una misma oración, comenta que nunca coexisten las siguientes: *y, o, pero, pues, luego*. Plantearse el porqué esto es así, nos lleva a concluir que estos conectivos representan los tipos básicos de relaciones entre las oraciones⁽²⁸³⁾. Así el conectivo «y» plantea que la segunda oración añade algo a la anterior; «o» presenta una alternativa; «pero» indica contraposición; «pues» señala que se presenta una causa⁽²⁸⁴⁾ y «luego» presenta una consecuencia o simplemente una acción que se realiza con posterioridad.

Al estudiar los diferentes tipos de conexión, Mederos analiza el funcionamiento de las expresiones más habituales para cada uno de los tipos y recopila la información que los diferentes estudios gramaticales realizados aportan sobre cada conectivo. Así, para la conjunción «y», que es el primer conectivo que estudia dentro de los que expresan adición, Mederos señala su doble funcionamiento como conjunción copulativa y como conectivo que ya había señalado la gramática tradicional (R.A.E., 1973). Reconoce en este segundo caso la posibilidad de que presente matices adversativos, causales, consecutivos, temporales, etc., valores que Mederos (1988, 219) pone en relación con las implicaturas de Grice. También comenta Mederos la posibilidad de que «y» aparezca acompañada de conectivos que expresen otras relaciones como contraste, causa o consecuencia y que por tanto deberían incluirse dentro de esos grupos: «y», «y además», «y otra cosa», «y asimismo», «y así» (causal), «y es que» (causal), «y igualmente», «y, en cambio», «y, sin embargo», «y, no obstante», «y en consecuencia», «y por eso», «y por ello»⁽²⁸⁵⁾. Se trata de un conectivo de sentido general y, por ello, es posible emplearlo para evitar otras conjunciones o utilizarlo para enlazar cláusulas que se podría presentar de forma independiente.

(283) Véase en este mismo sentido el capítulo que dedica Gili Gaya (1961, 325-331) a los enlaces extraoracionales y en concreto el apartado de las conjunciones.

(284) Por supuesto, «pues» tiene también otros usos.

(285) En realidad la conjunción «y» es la única que realmente sólo señala que a lo dicho se añade algo. Si se quiere indicar qué valor tiene lo que se añade es necesario utilizar otro conector.

No voy a presentar aquí más detalles del estudio de la conexión en Mederos. Para finalizar esta revisión de su detallado trabajo sobre la cohesión del español, quiero mencionar dos pequeñas objeciones. En primer lugar, su estudio no analiza estrictamente los mecanismos de cohesión, lo que hace realmente es estudiar el funcionamiento gramatical de todos estos mecanismos. Al igual que a Halliday y Hasan (1976) se le puede objetar que su interés por la cohesión es eminentemente gramatical. En segundo lugar, el estudio no aborda la cohesión como mecanismo de trabazón oracional en sí, ya que realmente lo que hace es presentar numerosos ejemplos de diferentes casos de cohesión pero no analiza los mecanismos de cohesión en el texto para ver cómo contribuyen a lograr la continuidad.

4.4. EL ENFOQUE LÉXICO DE LA COHESIÓN: CADENAS DE IDENTIDAD Y CADENAS DE SIMILARIDAD

Este enfoque ha sido elegido no sólo por deberse a Hasan, sino por representar un intento de contrarrestar algunas de las críticas a la obra del 76. En concreto este trabajo pretende abordar la cohesión con un enfoque esencialmente semántico, teniendo en cuenta la coherencia para así intentar resolver el problema de la existencia de cohesión sin coherencia. Con este propósito, la autora se muestra partidaria de un estudio léxico, basado en el contenido del texto. Además, Hasan aporta una nueva metodología de clasificación de las relaciones léxicas que intenta mejorar el método de análisis adoptado anteriormente⁽²⁸⁶⁾.

En su trabajo, Hasan (1989)⁽²⁸⁷⁾ explica la coherencia del texto gracias al concepto de «armonía cohesiva». La percepción de la coherencia por parte

(286) Hoey (1991, 7) comenta que la misma Hasan se había dado cuenta de los grandes problemas que planteaba de cara al análisis de los textos la gran subjetividad que implican las relaciones de colocación.

(287) Este estudio se había presentado ya en parte en Hasan (1979).

del lector está en relación con la existencia a lo largo del texto de cadenas léxicas de cohesión. En concreto, depende directamente del número de palabras que formen parte de estas cadenas y de las relaciones que se creen entre las cadenas. En principio, un texto será más coherente, cuanto menor sea el número de términos que no pertenezcan a ninguna cadena. Sin embargo, la simple existencia de términos encadenados no es suficiente, es fundamental que las cadenas se relacionen entre sí. Hasan denomina esta relación, interacción.

Al igual que en la obra conjunta con Halliday de 1976, el concepto de lazo cohesivo, «*tie*» (Hasan, 1989, 73), sigue siendo un elemento importante de la teoría y se emplea para hacer referencia a la relación de significado que se establece entre dos términos. Sin embargo, a diferencia del trabajo anterior, para atenerse al carácter semántico de la cohesión Hasan clasificará los tipos de relaciones no por su realización léxico-gramatical, sino atendiendo al grado de relación semántica.

Entre las palabras del texto se pueden establecer relaciones de significado de tres tipos: coreferencia, coclasificación y coextensión. La coreferencia se produce cuando los términos así unidos se refieren a una misma entidad como sucede en el caso de los pronombres, el artículo determinado y los demostrativos. Hasan (1989, 73) pone como ejemplo una pequeña rima:

*«I had a little nut tree
Nothing would it bear
But a silver nutmeg
and a golden pear».*

En esta rima «*a little nut tree*» y el pronombre «*it*» se refieren al mismo objeto. La coreferencia coincide pues con la cohesión referencial, pero ahora el enfoque es más semántico, ya que se incide en el hecho de que los dos términos coinciden en identidad.

La coclasificación implica que los términos así relacionados se refieren

a objetos, procesos o circunstancias que son iguales o del mismo tipo, pero no coinciden en la referencia. Hasan (1989, 73) presenta el siguiente ejemplo. En la frase «*I play the cello. My husband does, too*», «*play the cello*» and «*does*» se refieren a la misma acción, pero realizada por personas diferentes. La coclasificación coincidiría con la sustitución.

Por último, la coextensión se refiere a la relación que existe entre dos términos que, a pesar de no tener ni la misma referencia ni el mismo significado, guardan entre sí cierta coincidencia semántica. Hasan presenta como ejemplo los adjetivos «*golden*» y «*silver*» de la rima mencionada anteriormente para explicar la coreferencia. Estos dos adjetivos se refieren los dos a metales, y todavía más en concreto a metales preciosos. La coextensión afecta esencialmente a los fenómenos léxicos. Por esto, incluye los mecanismos léxicos de la repetición, la sinonimia, la antonimia, los hiperónimos y la metonimia⁽²⁸⁸⁾. Estos mecanismos, habituales sobre todo para realizar la coextensión, pueden encontrarse también en la coclasificación.

Hasan percibe ciertas tendencias en la realización léxicogramatical de estas relaciones semánticas. Así, los mecanismos gramaticales de referencia, como pronombres, demostrativos y el artículo determinado son habituales en la realización de la coreferencia; en cambio, la sustitución y la elipsis son más frecuentes en la coclasificación. De igual forma, la coextensión se realiza fundamentalmente mediante mecanismos léxicos.

En función del tipo de relación de significado que se establezca entre las palabras, las cadenas léxicas del texto serán de dos tipos, cadenas de identidad y cadenas de similaridad. En una cadena de identidad, todos sus miembros están en relación de coreferencia. En algunos textos, existe una misma cadena de identidad que los recorre desde el principio hasta el final. En una cadena de similaridad, en

(288) Hasan (1989, 81) denomina esta relación «*meronymy*» y utiliza la expresión para referirse a palabras entre las que hay una relación de parte a todo, por ejemplo.

cambio, los miembros de la cadena no tienen una referencia común, sino que se refieren a entidades del mismo tipo, pero diferentes. Las relaciones semánticas entre los términos de esta cadena son de coclasificación y coextensión.

Gracias a las cadenas léxicas se logra la continuidad del texto, aunque la simple presencia de cadenas no garantiza la coherencia. Para demostrarlo, Hasan (1989, 91) presenta una serie de palabras que constituirían una cadena léxica bien organizada, pero no un texto coherente:

*«Girls bananas two spend shopkeeper
apples own girls dollars grapes
buy fifty sell cents shopkeeper
girls fruit».*

Para que exista coherencia, argumenta la autora, es imprescindible que se produzca interacción entre las cadenas. Esta interacción existe cuando los términos de las diferentes cadenas mantienen entre sí relaciones de carácter gramatical del tipo verbo-sujeto, verbo-objeto, adjetivo-nombre... No obstante, debemos comentar que Hasan reconoce el fundamento semántico de estas relaciones y lo manifiesta en la denominación misma de las relaciones y así la autora habla de «actor» y «acción», «hecho» y «afectado», etc. En concreto Hasan (1989, 91) menciona las siguientes relaciones⁽²⁸⁹⁾: agente-acción, hablante-enunciado, acción-afectado, o cualidad y calificado. En una aplicación más reciente de la teoría, Parsons (1996, 588) clasificará estas relaciones como:

1. actor - acción
2. acción - afectado
3. acción - actor - lugar

(289) Como la simple observación de estos términos refleja, es fácil establecer una relación con la transitividad de la gramática sistémica (Downing y Locke, 1992; Halliday 1985; 1994) Aunque los términos en inglés que utiliza Hasan no están tan próximos a las denominaciones de Halliday (1994) como las traducciones que he dado. En concreto, Hasan emplea la expresión «acted-upon» para lo que he traducido como «afectado».

4. enunciación - texto
5. atributo - atribuido

Además de la existencia de estas relaciones, para que se produzca realmente interacción entre las cadenas es necesario un número mínimo de elementos en relación. En concreto, Hasan (1989, 91) especifica que al menos dos elementos de una cadena deben mantener el mismo tipo de relación con dos elementos de otra cadena. La autora considera esta condición muy importante, ya que sólo un elemento relacionado supondría que todos los términos del texto estarían en interacción y a su vez que esa relación la presentaran todas las cláusulas. Además, tampoco habría necesidad de establecer la diferencia entre la creación de las cadenas y su interacción.

El fenómeno de la interacción es tan decisivo para la consecución de la armonía cohesiva que conduce a una reclasificación de los términos léxicos del texto. Los términos del texto que se integran en cadenas se denominan «vocablos relacionados» y los que no forman parte de ninguna cadena, «periféricos». A su vez, los términos relacionados pueden ser de dos tipos en función de si interaccionan o no. Si interaccionan, se denominan «vocablos centrales» y cuando no interaccionan «vocablos marginales»⁽²⁹⁰⁾. Esta clasificación es interesante de cara a la coherencia del texto, ya que ésta dependerá del número de términos que formen parte de cada categoría. Un texto será más coherente en las siguientes condiciones:

- cuando haya más términos relacionados que periféricos;
- cuando el número de términos centrales también sea mayor que el de periféricos

(290) En realidad, Hasan utiliza los términos «*central*» y «*noncentral tokens*», pero he optado por la traducción de vocablos centrales y marginales por ser, en mi opinión, la que refleja mejor el significado original.

- cuando la interacción entre los elementos de las cadenas se dé a lo largo de todo el texto y no haya interrupciones.

Estas tres condiciones consiguen la armonía cohesiva de un texto; condición de la que dependerá la apreciación de la coherencia. Hasan nos dice que se trata de armonía cohesiva por varias razones. En primer lugar, porque reúne los mecanismos de cohesión gramaticales y léxicos y los somete conjuntamente a las relaciones semánticas de identidad y similaridad. En segundo lugar, porque armoniza el producto de la función experiencial y la textual. El producto de la función textual son las cadenas léxicas que se crean en el texto y el de la función experiencial las relaciones gramaticales propias del grupo y de la cláusula en las que se basan las interacciones. De esta forma, Hasan explica cómo la sola presencia de cadenas de palabras no proporciona coherencia, es necesario que se produzcan interacciones a lo largo de todo el texto entre las diferentes cadenas. Sin embargo, Hasan no consigue una explicación definitiva de la coherencia textual como confirmará el estudio realizado por Parsons (1990; 1996).

Para estudiar la relación entre cohesión y coherencia aplicando la noción de Hasan de armonía cohesiva, Parsons adapta un experimento realizado por Cooper (1979)⁽²⁹¹⁾. Encarga a 16 estudiantes de posgrado de ingeniería de caminos y electrónica que hagan una redacción sobre el cultivo del café y para que no haya diferencias de conocimientos, les proporciona un esquema con la información que deberán incluir. Luego, somete esas redacciones a dos análisis. Por una parte, un equipo de informadores valoran la coherencia de las redacciones y las clasifican en cinco grupos en función de su calidad. Por otra parte, analiza estadísticamente los datos obtenidos después de aplicar la metodología de Hasan. Tras comparar los resultados de ambos estudios, Parsons llega a la conclusión de que únicamente los resultados relativos a la presencia de los términos denominados centrales son significativos, ya que coinciden con las valoraciones proporcionadas por los

(291) Citado en Parsons (1990).

informantes. El resto de los resultados no parecen afectar a la mayor o menor coherencia de los textos. Por consiguiente, Parsons (1996, 591) afirma que la definición de Hasan de armonía cohesiva necesita ciertas modificaciones:

«Table 16.1 shows that apart from % CT, the correlation coefficient is too low for significant correlation, thus throwing doubt on the remainder of Hasan's concept of cohesive harmony. The overall conclusion at this stage is that the % CT analysis emphasizes the crucial role of central tokens as a predictor of coherence, and the lack of correlation for the ratios RT/PT, CT/nCT, and CT/PT with coherence suggests that the concept of cohesive harmony needs modifying».

En su estudio Parsons descubre que los textos más coherentes presentan cadenas de interacción más largas y entonces decide comprobar si existe relación entre la longitud de las cadenas y la coherencia. Parsons define el concepto de «cadena larga» como media entre la longitud de las cadenas halladas en las redacciones analizadas y el número de vocablos centrales de las cadenas. Encuentra que el valor medio es 3'13 y por ello establece que una cadena larga es aquella formada por 4 o más términos y decide llamar a estas cadenas, «cadenas significativas», a sus términos, «términos significativos» y a los términos de las cadenas que no son largas «términos centrales no significativos». Presenta entonces Parsons las siguientes hipótesis:

- las cadenas cohesivas desempeñan una función esencial de cara a la coherencia;
- el número de vocablos significativos existente en el texto influye decisivamente en la percepción de la coherencia por parte del lector;
- de igual forma influye también en la percepción de la coherencia la relación entre los términos significativos y los periféricos y entre los términos significativos y los no-significativos.

Tras su estudio, Parsons concluye que la percepción de la coherencia depende no sólo de la interacción de las cadenas, sino también de su longitud (1996, 595):

«It is now suggested on the basis of the above results that chain interaction alone does not necessarily result in the most coherent texts, but that interaction that involves long chains is more likely to lead to greater coherence».

Sin embargo, Parsons considera que la presencia de cadenas de interacción largas necesita matizarse. En concreto, es necesario especificar el número de términos significativos que debe tener una cadena para que realmente contribuya a la coherencia. Parsons estima que ese número es cinco términos. Si las cadenas significativas son excesivamente largas, los textos ya no se valoran positivamente en cuanto a su coherencia.

Parsons nos dice que su estudio demuestra que la armonía cohesiva influye en la coherencia y descubre que la clave está en los términos centrales. En definitiva, el estudio de Parsons comprueba que existe una relación clara entre cadenas de términos significativos y coherencia, pero quedan pendientes varias cuestiones. Todavía no es posible especificar objetivamente el grado de cohesión exacto que requiere la percepción de la coherencia y ese grado de cohesión, preciso y equilibrado debe ser calculado por el escritor. De acuerdo con este enfoque de la cohesión, un texto demasiado cohesionado provoca valoraciones negativas por su pobreza léxica y su poca variedad estructural. Parsons menciona que es necesario examinar la contribución de la cohesión a la coherencia en relación con la progresión temática.

En consecuencia, podemos afirmar que el estudio de la cohesión léxica del texto según la metodología de Hasan (1989) determina que ésta contribuye a la coherencia y que esa contribución se realiza principalmente por la presencia de los términos denominados centrales, es decir, aquellos que, además de pertenecer a cadenas de similaridad e identidad, guardan entre sí relaciones gramaticales.

Pero, el enfoque de Hasan no llega a una explicación satisfactoria de la cohesión y su relación con la coherencia. Aunque el reconocimiento de la importancia de los términos significativos indica la relación de la cohesión con el mantenimiento de la continuidad del tópico, Hasan no percibe esta posibilidad.

En segundo lugar, Hasan se olvida totalmente de la oración. El concepto de cohesión que tiene en mente Hasan no considera en absoluto la posibilidad de explicar la cohesión como el mecanismo de conexión oracional⁽²⁹²⁾. Hasan, aunque menciona la cláusula como la unidad de interés textual⁽²⁹³⁾, ya que afirma que sólo es posible identificar la cohesión a ese nivel, no explica cómo se integra la cohesión entre los componentes de los mensajes (las palabras y los conceptos a los que éstas se refieren) y la cohesión de los mensajes mismos.

Efectivamente Hasan reconoce la existencia de dos tipos diferentes de mecanismo de cohesión, los mecanismos componenciales y los mecanismos orgánicos. Los mecanismos «componenciales» son las relaciones semánticas que permiten la formación de las cadenas de palabras. Los mecanismos «orgánicos» son aquellos que enlazan mensajes completos. En su explicación de la armonía cohesiva Hasan no los trata y por tanto tampoco menciona los conectores⁽²⁹⁴⁾.

Hasan (1989, 81) no reconoce tampoco el valor cohesivo de las nominalizaciones. Y así cuando presenta un ejemplo de relación de coextensión, no percibe que «*this suggestion*» es una nominalización que recupera toda la oración anterior.

(292) En este sentido, Hasan sólo se ocupa de la «cohesión puntual», si nos atenemos a la distinción que posteriormente hará Sinclair (1993).

(293) Hasan (1989, 91) considera que el texto exige la existencia de cláusulas cuando explica que una serie de términos no constituyen texto coherente por muy encadenados que estén si no constituyen cláusulas.

(294) Se disculpa alegando falta de tiempo y espacio (Hasan, 1989, 85): «*I shall ignore instantial lexical cohesion, all organic relations, and all forms of structural cohesion ... This is not because they are less important, but because time and space are limited*».

«The committee suggested that all sexist language be removed from the regulations. If this suggestion is adopted, we shall have to avoid "he", "his", etc.».

Hasan no parece darse cuenta de ello y nos dice simplemente:

«It is also possible to have repetition where the morphologically distinct forms of the same lexical unit occur. In example 5.15 the items "suggested" and "suggestion" are really two distinct morphological forms of the same lexical unit and can be treated as a case of repetition».

Otra de las carencias del trabajo de Hasan es que no permite tener en cuenta la omisión de entidades. Este fenómeno se incluía en los enfoques previos en la elipsis, pero ahora no puede incluirse en ninguna de las categorías.

A pesar de estos problemas, el enfoque eminentemente léxico de Hasan es importante porque será la base de otros como el que presentaré a continuación, Hoey (1991). El trabajo de este autor fundamenta la organización textual en el léxico, en concreto, en el fenómeno de la repetición léxica.

4.5. LOS ESQUEMAS LÉXICOS TEXTUALES DE HOEY

En *Patterns of Lexis in Text*, Hoey (1991) adopta un enfoque de la cohesión eminentemente léxico en la misma línea de trabajo de Hasan (1979; 1989).

Hoey nos dice que el estudio de la cohesión es fundamentalmente un estudio léxico y esta condición se podía apreciar ya en el trabajo de Halliday y Hasan. En una entrevista publicada en 1989, Hoey comenta que a pesar de que Halliday y Hasan (1976) dedican a la cohesión léxica como tal sólo veinte páginas frente a los largos capítulos sobre la sustitución o a la referencia, en los textos analizados, un 50 % de las relaciones se califican de cohesión léxica. Hoey (1989, 17) va más allá y

afirma que, de hecho, la cohesión léxica crea el 90 % de las conexiones del texto⁽²⁹⁵⁾.

Para Hoey la cohesión se consigue gracias a las relaciones léxicas que se establecen en el texto, que son, a su vez, las responsables de la organización textual. En concreto, la clave para crear relaciones entre las oraciones del texto es la repetición léxica. La importancia de la repetición radica en su capacidad para crear un entramado de conexiones. He de mencionar que Hoey no considera la colocación.

Hoey (1983) ya se había dado cuenta de la importancia de la repetición léxica como mecanismo de señalización de las relaciones textuales, en especial en las relaciones de paralelismo y generalización-particularización. Pero es en *Patterns of Lexis in Text* (Hoey, 1991) cuando desarrolla su propuesta con más detalle.

Hoey (1991, 18) explica que la repetición no une una palabra a otra mencionada antes para formar una cadena de palabras como en Halliday y Hasan (1976), sino que crea un entramado⁽²⁹⁶⁾ en el que cada nueva repetición conecta con todas las anteriores.

Para indicar la existencia de una relación de conexión, Hoey escoge el término «link». Se declara a favor de este término frente al de «tie», empleado por Halliday y Hasan, por dos razones. En primer lugar, porque el tipo de relación es de menor alcance. Como he comentado ya, Hoey sólo se interesa por la cohesión léxica. En segundo lugar, nos dice, el término «tie» parece forzar la dirección de la relación. Hoey (1991, 12) aduce que al emplear la expresión «a is tied to b» es normal suponer que «a depende de b». «Link», en cambio, evita esta connotación de subordinación.

(295) Sin embargo, Hoey reconoce que esto no es así para todos los tipos de texto y por ejemplo, en los textos narrativos, la cohesión se consigue mediante relaciones de secuencia.

(296) Hoey (1991, 18) utiliza la palabra «cluster», que he traducido por «entramado», ya que, en mi opinión, esta expresión refleja mejor que «grupo» la idea del autor.

El medio más sencillo de conseguir un enlace es la repetición de una palabra. El enlace por repetición permite al hablante o al escritor referirse de nuevo a algo ya mencionado para añadir nueva información. Esa repetición puede ser de varios tipos: repetición simple, repetición compleja, paráfrasis simple y paráfrasis compleja. Para que la repetición léxica funcione como elemento conector de dos oraciones, es necesario que haya como mínimo, tres repeticiones. En cualquier caso, para que esta repetición léxica funcione, es imprescindible la repetición del sentido (Hoey, 1991, 69):

«The common factor in the lexical relations we have been considering has been the repetition in context of the sense of one item by another. Under the heading of repetition we have included a range of lexical relationships but the controlling requirement has been that the latter item must contain the same information as the earlier».

Es necesario, por tanto, que el contexto en el que se repite la palabra esté relacionado. Si los contextos no tienen nada que ver, la repetición no se considera como tal. Hay que añadir que la repetición simple se produce cuando se repite una palabra que ya ha aparecido en el texto. El único cambio formal que admite este tipo de repetición es la modificación mediante morfemas gramaticales. Hoey nos advierte que este tipo de repetición sólo afecta al léxico. La repetición simple plantea varios problemas. En primer lugar, el hecho de que una misma palabra se emplee varias veces no implica que su significado sea siempre el mismo. Muchas palabras son polisémicas. Además, existen una serie de repeticiones dudosas que están a medio camino entre su consideración gramatical o su consideración léxica. Por esta razón, Hoey nos dice que la repetición no siempre es «total», sino que puede ser «parcial» (Hoey, 1991, 54).

La repetición compleja se produce en dos casos. Cuando dos unidades léxicas que no son idénticas tienen en común un morfema y cuando siendo idénticas formalmente, desempeñan diferente función gramatical.

La paráfrasis se produce cuando se emplea una palabra que puede sustituir a otra en ese contexto sin que su significado cambie. Al igual que la repetición puede ser simple y compleja. La paráfrasis simple, que incluye las relaciones de sinonimia de Hasan, se puede clasificar en parcial o mutua. Se trata de paráfrasis parcial si la sustitución de un término por el otro funciona sólo en una dirección.

La paráfrasis compleja hace honor a su nombre y el mismo Hoey reconoce que plantea dificultades. En un sentido amplio puede entenderse como la relación que se establece entre dos palabras cuando la definición de una engloba la definición de la otra. Sin embargo, esta paráfrasis compleja daría lugar a múltiples relaciones en el texto que serían poco controlables desde el punto de vista de la cohesión. Por ello, Hoey limita el alcance de la paráfrasis compleja a tres casos.

En primer lugar, incluye todos los antónimos que no se clasificaban como repetición compleja. Es decir, aquellos antónimos que no se crean mediante prefijo o sufijo.

En segundo lugar, aquellos casos de palabras que son repetición compleja de otra palabra y a su vez paráfrasis simple de una tercera. Esto es consecuencia del «triángulo conector»⁽²⁹⁷⁾ que dispone que la presencia de dos enlaces que son de tipo diferente crea un tercero. Para aclarar este tipo de paráfrasis compleja, Hoey presenta el siguiente ejemplo. Si entre las palabras «*writer*» y «*writings*» existe una repetición compleja y, entre «*writer*» y «*author*», una paráfrasis simple; en consecuencia, entre la palabra «*writings*» y «*author*», se produce una paráfrasis compleja.

En tercer lugar, Hoey reconoce que existe también paráfrasis compleja

(297) Hoey (1991, 65) nos dice al hablar de este *link triangle* que el orden de los términos no importa. Hoey percibe así que en el texto la mención de una entidad anticipa su mención posterior.

cuando está ausente la palabra intermediaria necesaria para crear la relación entre otras dos. Así, en el ejemplo que presenta Hoey (1991, 66-67), «*teacher*» está conectado a «*instruction*», a pesar de que en el texto no aparezcan «*teaching*» o «*instructor*», que serían las palabras que permitirían establecer la relación.

La importancia de la repetición léxica como elemento conector de las oraciones radica en su capacidad para crear redes de oraciones interconectadas. Hoey considera que para que dos oraciones se consideren unidas entre sí tiene que tener como mínimo tres enlaces. Sólo entonces se crea una unión («*bond*») entre esas dos oraciones. Sin embargo, este número de enlaces no es un número fijo para todos los tipos de texto. El número de enlaces necesarios para considerar dos oraciones unidas varía de un texto a otro en función de la longitud relativa de las oraciones del texto y de su densidad léxica. Las distintas oraciones unidas entre sí por el número establecido de enlaces constituyen una red⁽²⁹⁸⁾ que permite reconstruir la organización de la información en el texto.

El estudio de Hoey demuestra que eliminar las oraciones que no están unidas por tres enlaces permite crear una versión reducida del texto, fiel y coherente. Estas oraciones que no están unidas y que Hoey denomina oraciones «marginales» pueden alcanzar en algunos casos hasta un 50 % del texto. Hoey descubre que la función de las oraciones que se consideran marginales es principalmente metalingüística y su contenido está próximo a la funciones textual e interpersonal del lenguaje. En algunos casos, se trata de oraciones que funcionan como indicadores de relaciones lógicas; en otros, son comentarios dirigidos al lector sobre la información que no se va dar, así una de las oraciones omitidas del texto analizado es un ejemplo de un tema que no se continuó después y otra, un comentario de un tema del que no se va a hablar⁽²⁹⁹⁾.

(298) Hoey (1991, 92) nos dice que el término perfecto para denominar este entramado sería «*network*». Sin embargo, como este término tiene ya muchos valores en la gramática sistémica, Hoey prefiere utilizar el término «*net*».

(299) Véase Hoey (1991, 105-113).

Aparte de permitir la creación de una versión más reducida del texto, las redes de oraciones unidas entre sí son útiles porque permiten reconocer aquellas oraciones que presentan el tema del que se va a hablar y aquellas que indican que ese tema se abandona. Me referiré a estas oraciones que Hoey denomina «*topic-opening*» y «*topic-closing*» como «oraciones introductorias» y «oraciones de cierre». Una oración introductoria se identificará porque la mayoría de sus relaciones se establecen con oraciones que están después en el texto. Una oración de cierre, en cambio, establecerá relación principalmente con las oraciones que la preceden. Hoey nos dice que aunque el método falla en algunos casos, tiene un porcentaje elevado de éxito como medio de identificar estas oraciones (Hoey, 1991, 123).

El estudio de Hoey es importante porque reconoce la importancia de las relaciones léxicas como mecanismo de enlace de las oraciones del texto y su contribución a la «organización» textual. Otra novedad es que esas relaciones entre las oraciones no se perciben exclusivamente como relaciones hacia atrás, sino que es posible que las relaciones se establezcan hacia la derecha. Por otra parte, la relación de la cohesión con el tópico del discurso está presente en la distinción entre oraciones introductorias y oraciones de cierre.

Sin embargo, el trabajo de Hoey no resulta eficaz como análisis global de la cohesión y la coherencia por varias razones.

No justifica la exigencia de un número mínimo de enlaces. Aunque es evidente que son muchos los casos de oraciones unidas por más de un enlace léxico, no se puede extraer la conclusión de que aquellas que sólo tengan un enlace no presentan conexión o provocan una ruptura de la coherencia. Además, puesto que el escritor ha decidido incorporarlas, el lingüista no puede descartarlas sin una razón de peso. Esta omisión sólo sería justificable en el caso de elaborar un resumen del texto y realmente ésta es la aplicación que Hoey da a su análisis.

Los lazos cohesivos de Hoey sólo se refieren a entidades o nominaliza-

ciones. Hoey no advierte la posibilidad del encapsulamiento y tampoco tiene en cuenta la función de los pronombres y los conectores.

Otro de los problemas es la imposibilidad de incorporar la ausencia de entidades o información, ya que el caso de la paráfrasis sólo se contemplan las ausencias que forman parte de un triángulo.

Quiero concluir con tres apreciaciones de este autor con las que coincido plenamente. En primer lugar, Hoey considera que la cohesión es el mecanismo de relación oracional. Así, nos dice que la cohesión explica la forma en que una oración se relaciona con las que le preceden y le siguen en el texto (Hoey, 1991, 3):

«Cohesion may be crudely defined as the way certain words or grammatical features of a sentence can connect that sentence to its predecessors (and successors) in a text».

En segundo lugar, Hoey distingue entre cohesión y coherencia y presenta una definición muy acertada de ambas. Hoey afirma que la cohesión es una propiedad del texto mientras que la coherencia es la apreciación del texto por parte de un lector particular. Por ello, la cohesión será una cualidad del texto como tal y la valoración de la coherencia, en cambio, puede variar de un lector a otro.

En tercer lugar, Hoey reconoce la función crucial que desempeña la cohesión léxica en la construcción del texto y su contribución a la percepción de la coherencia por parte de los lectores.

4.6. EL ESTUDIO DE LA COHESIÓN TEXTUAL DE SINCLAIR

El último estudio de la cohesión textual que presento es el análisis

realizado por Sinclair (1993), que es el que más ha influido en la metodología de análisis que presentaré aquí.

Sinclair opina que aunque cohesión y coherencia no son exactamente lo mismo, desde un punto de vista práctico, existe muy poca diferencia (Sinclair, 1993, 19):

«This line of argument suggests that there is little difference between cohesion and coherence. Our initial hypothesis picks out those cohesive patterns which concern a whole sentence, and rejects all the others (which will be dealt with on another occasion but which are held to be nonsignificant in text structure)».

Pero distingue dos tipos de cohesión: la cohesión puntual, por un lado, y la cohesión oracional, por otro. La cohesión denominada «puntual» alude a la relación de referencia que se establece entre dos elementos cualesquiera del texto, por ejemplo un pronombre que se refiere a un grupo nominal. Este tipo de cohesión parece coincidir con la noción de cohesión de Halliday y Hasan, y Sinclair considera que no contribuye del todo a la estructura del texto⁽³⁰⁰⁾. La cohesión oracional alude a la relación que se crea cuando cada nueva oración del texto integra la oración anterior⁽³⁰¹⁾. Este es el tipo de cohesión que contribuye realmente a la coherencia del texto (Sinclair, 1993, 19):

«The sentence-size cohesive patterns turn out to be the elements of coherence».

La coherencia se consigue cuando el lector percibe que cada nueva oración del texto está relacionada con la oración anterior.

(300) Para la contribución de este tipo de cohesión a la coherencia, véase también Sinclair (1993, 19). Creo necesario comentar que Sinclair reconoce que no quiere cargar las tintas sobre la intrascendencia de la cohesión puntual de cara a la coherencia textual (1993, 15).

(301) Coincidiría este tipo con la cohesión que Hasan (1989, 80) denomina cohesión «orgánica» y en parte también con la cohesión por conexión de Mederos (1988).

El medio de relación de las oraciones es lo que Sinclair denomina un «acto de referencia». Se dirá entonces que un texto es coherente cuando cada una de las sucesivas oraciones que lo componen estén relacionadas entre sí mediante un acto de referencia (Sinclair, 1993, 8):

«This chapter argues that a less marked kind of self- reference is the basic coherence of text. ...As a model of text structure, this is very attractive. It explains how texts can be organised and how their dynamism can be created and fuelled. It provides the basis for a powerful definition of coherence, and reduces cohesion to the identification of the act of reference only».

La incoherencia se producirá cuando una oración no se integre con lo dicho hasta entonces.

El mecanismo esencial para lograr esta cohesión oracional es la noción de encapsulamiento (Sinclair, 1993, 8):

«In contrast, the second process deals only with sentences or, occasionally clause complexes, and it does much more than effect a tenuous connection between isolated constituents of sentences. It is the process of encapsulation and it reclassifies a previous sentence by "demoting" it into an element of the structure of the new sentence».

El encapsulamiento oracional⁽³⁰²⁾ se convierte en el mecanismo fundamental para el establecimiento de relaciones entre las oraciones del texto y por tanto, para la consecución de la cohesión y la coherencia.

«So the claim I am making is that cohesion is in fact an important element in creating coherence, but it does so not simply in terms of creating cohesion chains (although that is a very important element). It does so by bringing pairs of sentences together at a distance so that we can interpret them together».

(302) No voy a valorar ahora el alcance del encapsulamiento como mecanismo de cohesión en general, pero en este punto conviene hacer evidente la importancia de la aportación de Sinclair.

Pero, veamos ahora el análisis textual de Sinclair y ejemplos prácticos de los diferentes mecanismos. Para demostrar su teoría, Sinclair (1993) analiza la coherencia de un texto periodístico de Randolph Quirk.

Sinclair nos dice que el mecanismo más frecuente de relación oracional es el encapsulamiento; ello se debe a que se trata del mecanismo que se establece por defecto. Sólo en el caso de que en una oración no se encuentre un encapsulamiento de la anterior, habrá que buscar alguno de los otros tipos posibles de relación: el anuncio, el eco verbal o la apostilla⁽³⁰³⁾.

Sinclair considera además que el encapsulamiento permite explicar por qué no interesa el tipo de cohesión denominado puntual. Al ser el texto el resultado del encapsulamiento progresivo de una oración en la siguiente, la búsqueda de referencias y antecedentes es innecesaria para la coherencia; lo que importa realmente es reconocer cómo se integra la última oración en lo dicho hasta entonces.

El procedimiento de encapsulamiento⁽³⁰⁴⁾, también denominado encapsulamiento retrospectivo, puede referirse a toda la oración anterior o tan sólo a una parte⁽³⁰⁵⁾, pero permite que la información de esa oración se interprete como conocimiento compartido (Sinclair, 1993, 9)⁽³⁰⁶⁾. Se trata, pues, de un acto de

(303) Los términos que utiliza Sinclair para referirse a los cuatro mecanismos son: *encapsulation*, *prospection*, *verbal echo* y *overlay*.

(304) Empleo la palabra «encapsulamiento», porque la mayoría de los verbos que derivan de un nombre con prefijo «en-» parecen preferir este sufijo, así, «encarcelamiento», «encarrilamiento», «encabezamiento», aunque sería posible hablar de «encapsulación», ya que estos verbos terminados en «-ar» admiten los dos sufijos. Véase Lang (1990, 142).

(305) No queda claro si Sinclair considera encapsulamiento aquellas oraciones en las que la información compartida sólo sea la mención de la misma entidad. El hecho de que descarte la cohesión puntual unido a que su análisis sea de un texto argumentativo en el que las relaciones oracionales pocas veces son por entidades comunes no permiten aclarar esta cuestión..

(306) Con anterioridad Sinclair (1992) había empleado el concepto de «encapsulamiento» para referirse a una categoría del discurso conversacional. En ese caso, el encapsulamiento era el movimiento de la conversación, seguía al movimiento inicial y al de respuesta y recogía la información contenida en ambos.

referencia que recupera la información dada. Este acto de referencia puede ser según Sinclair de dos tipos: un acto lógico y un acto deíctico.

El acto lógico encapsula la oración anterior mediante la presencia de conectores lógicos o de otros mecanismos como la elipsis. En este caso, las partículas o elementos que marcan la relación entre las oraciones denotan además la interacción que se establece entre emisor y destinatario. En concreto la presencia de un conector supone la existencia de lo que Sinclair llama una «posición previamente reconocida»⁽³⁰⁷⁾. En mi opinión este concepto de «posición» que emplea aquí Sinclair a la hora de referirse a los actos lógicos coincide con el concepto de «postura» del que hablaba en 1985.

Los actos lógicos que encapsulan la oración anterior o la primera mitad de esa misma oración⁽³⁰⁸⁾ pueden tener valores muy diversos y Sinclair menciona tan sólo algunos de los tipos posibles: adición, contraste, causa, concesión, conclusión, resultado; en concreto, los tipos hallados en el texto de Randolph Quirk⁽³⁰⁹⁾.

En los actos deícticos, el encapsulamiento se puede conseguir mediante referencia pronominal, referencia léxica o repetición. Un ejemplo de acto deíctico mediante referencia léxica lo constituye la recuperación de la información dada en la oración anterior por la palabra «*things*» (Sinclair, 1993, 24-25):

«The British have become less insular in some respects (cuisine is one of them) but they are still disastrously monoglot. This is the first generation in history to delude itself into thinking that because one

(307) Por ejemplo, véase la explicación que Sinclair (1993, 10) proporciona del conector lógico *however*, «... means notwithstanding a previously stated position».

(308) Creo necesario comentar que en el análisis que he realizado he encontrado que este es uno de los aspectos más débiles de la teoría de Sinclair, ya que muchas veces los conectores encapsulan un segmento de texto mayor que la oración anterior.

(309) Véase Sinclair (1993, 10-11).

particular language, English, seems to be very widely understood, no other language need be learned.

*The foreign language requirement in the UK's National Curriculum will help to change **things**, but the British cannot afford to tread water until its products have fed through the system. Those already employed in UK firms must be prepared to learn languages - and **that** means inservice training and the energetic use of self-study courses».*

El acto deíctico puede existir también entre elementos que pertenecen a la misma oración, se trata, entonces, de un acto deíctico interno⁽³¹⁰⁾. Un ejemplo es el pronombre «that» de la última oración del párrafo anterior que encapsula la información de la primera parte de la oración.

Sinclair menciona también la posibilidad de encontrar casos en los que se produce referencia doble y el acto deíctico va acompañado a su vez de un acto lógico. En concreto de los siete ejemplos de acto deíctico que menciona, tres van acompañados de un acto lógico. Veamos uno de estos ejemplos: (Sinclair, 1993, 26)

*«... But, perhaps without the Germans noticing, the Danes may well feel that they are on less than a comfortable equal footing and may harbour some silent resentment. **And this**, of course, can hardly make for the most satisfactory outcome on either side!».*

En este caso, «*this*» constituye un acto deíctico que recupera la información de la oración anterior y está acompañado por el acto lógico «*and*». Sinclair (1993, 21) nos dice que, aunque los dos actos aportan significados diferentes, ya que «*and*» indica que esta sección del texto concluye, están muy unidos.

El segundo procedimiento que menciona Sinclair es el denominado anuncio⁽³¹¹⁾. El anuncio se produce cuando una oración anticipa la información que

(310) Sinclair (1993) denomina «actos deícticos internos» a las relaciones de cohesión interclausales.

(311) Sinclair emplea para referirse al anuncio el término «*prospection*», término que también empleará Mauranen (1993). Evidentemente en español, el término parónimo no resulta adecuado. Posibles traducciones serían «predicción» o «expectativa». La palabra predicción no

aparecerá en la oración siguiente o indica al lector que debe interpretar la oración siguiente de determinada forma. El anuncio puede abarcar varias oraciones y en algunos casos posponerse o interrumpirse; en este último caso, suele indicarse lingüísticamente. Sinclair (1993, 15) afirma que en el discurso escrito⁽³¹²⁾ la condición de coherencia exige que un anuncio se cumpla siempre, aunque no es obligatorio que ocurra en la oración inmediatamente posterior, sino que puede dejarse para más adelante en el texto. Ahora bien, la oración que presente ese anuncio mantendrá la misma función discursiva.

En el caso del anuncio, Sinclair (1993:12-14) distingue tres tipos:

1. La introducción de una cita generalmente mediante una construcción atributiva:

«... and his message was typically forthright: ...».

2. Una expresión que hace esperar su explicación en la oración siguiente⁽³¹³⁾. Así, en este ejemplo de Sinclair, «las implicaciones» se darán a conocer en la oración siguiente:

«The implications are daunting».

3. La introducción de un tópico nuevo. Esta función es la que deberían desempeñar todas las oraciones iniciales de los textos. Pero no

resulta conveniente porque traduce perfectamente el término «*prediction*» empleado por Tadros (1994) en trabajos en esta misma línea de investigación y que Mauranen (1993, 109) considera de alcance menor que «*prospection*». Por estas razones, he preferido emplear en español la palabra «anuncio» que con su significado de pronóstico o presagio recoge de forma clara la idea de Sinclair.

(312) El discurso oral, en cambio, funciona de forma diferente, ya que el valor anticipatorio de una expresión se puede anular en la intervención del otro interlocutor mediante lo que Sinclair (1992) denomina «*challenge*».

(313) Este caso coincide con el que Tadros (1994) denomina «*advance labelling*» y así lo reconoce el mismo Sinclair (1993, 13).

necesita ocupar esa posición inicial, sino que puede ocurrir más adelante en el texto y en ese caso lo más seguro es que la siguiente oración haga referencia a ese tópico. En el texto de Quirk se produce por ejemplo cuando al comenzar un nuevo párrafo se cita al Príncipe de Gales. Esta mención del Príncipe de Gales reorienta el texto de manera que avanza desde una referencia general a un grupo a una referencia específica y el pronombre «he»⁽³¹⁴⁾ se interpreta sin necesidad de hablar de referencia hacia atrás como sucedía en la cohesión tradicional.

«... Those already employed in UK forms must be prepared to learn languages - and that means inservice training and the energetic use of self-study courses.

The Prince of Wales is among those who think it is high time they should. Last week he addressed British industrialists, and his message was typically forthright: ...».

La importancia del anuncio es tal que Sinclair (1993, 12) nos dice que en el estudio del discurso prima sobre el análisis retrospectivo⁽³¹⁵⁾. Sin embargo, Sinclair no se extiende mucho sobre el tema, en parte porque su estudio se limita a un texto concreto. Posteriormente, otros autores como Francis (1994) y Tadros (1994) han matizado y ampliado estas categorías⁽³¹⁶⁾.

Además del encapsulamiento y el anuncio, señala Sinclair otros dos mecanismos de relación oracional: el eco verbal y la apostilla.

(314) Este ejemplo me lleva a pensar que con la introducción del tópico y la referencia a él, Sinclair soluciona la cohesión puntual.

(315) Sinclair volverá a insistir en la importancia del análisis prospectivo en un estudio posterior (Sinclair, 1994, 8).

(316) En concreto, Tadros (1994, 70) en su estudio de la predicción presenta seis categorías que pueden fácilmente incorporarse al anuncio de Sinclair: «Enumeration»; «Advance Labelling»; «Reporting»; «Recapitulation»; «Hypothecality» y «Question».

El eco verbal consiste en la repetición de palabras de la oración anterior o en la utilización de una expresión que recuerda por su forma lo dicho anteriormente⁽³¹⁷⁾ y de ahí, el nombre del procedimiento. Sinclair nos dice que este mecanismo está próximo a la cohesión denominada puntual, ya que no recupera toda la información dada sino sólo una parte muy pequeña. No obstante, Sinclair lo cita como un caso de cohesión puntual que contribuye a la coherencia del texto, pese a que él había rechazado este tipo de cohesión al considerarla poco importante para la estructura textual⁽³¹⁸⁾. Afirma Sinclair que, en muchos casos, el eco verbal es un procedimiento de cohesión superficial porque aunque se mantengan las palabras, la información puede variar. Como ejemplo de eco verbal, Sinclair menciona la expresión «*perceived disadvantage*» que recuerda una expresión mencionada anteriormente «*perceiving ... disadvantage*», pero que no constituye un caso de encapsulamiento, ya que sólo se refiere a una pequeña parte de la oración anterior y su función es cambiar de tópico manteniendo la cohesión superficial⁽³¹⁹⁾.

«... Within Europe, in fact, provided a firm has good facility in three or four languages, it is usually easy to agree on a common language for a given discussion with neither party perceiving itself to be at a disadvantage.

The notion of perceived disadvantage is very important. The use of German in negotiation between a Stuttgart firm and a Copenhagen firm, may be efficient and perfectly logical where the Danes concerned are fluent in German. But, perhaps without the Germans noticing, the Danes may well feel that that they are on less than a comfortable equal footing and may harbour some silent resentment ...».

Finalmente, el último procedimiento mencionado por Sinclair es la

(317) Se distingue así de la repetición como medio de realizar el acto deíctico.

(318) Véase lo explicado anteriormente sobre los dos tipos de cohesión que distingue Sinclair (1993: 8-9). Sinclair afirma ahora que quizá en su explicación anterior podría haber cargado un poco las tintas sobre la irrelevancia de la cohesión puntual de cara a la coherencia.

(319) En realidad, constituye un ejemplo de anuncio, ya que introduce un tópico nuevo y así lo reconoce él mismo Sinclair (1993,24).

apostilla⁽³²⁰⁾. Se produce cuando nos encontramos dos oraciones que son casi paráfrasis la una de la otra y, además, la segunda versión parece sustituir la primera. Sinclair nos dice que este procedimiento no siempre se puede determinar objetivamente, ya que la similitud entre las oraciones sólo se reconoce mediante un proceso de interpretación.

Aunque Sinclair menciona el problema de la interpretación en el caso de la «apostilla», este problema existe siempre como puede observarse en uno de los ejemplos que Sinclair presenta para explicar la relación entre la cohesión y la coherencia. Se trata de uno de esos casos en los que reconocer la relación de cohesión existente es difícil y, por ello, contribuyen a la falta de coherencia. Así, la expresión anafórica «the precept» es ambigua porque su referencia es difícil de identificar y puede interpretarse de dos formas diferentes (Sinclair, 1993, 25):

«Successful businesses, by contrast, have always been sensitive to the need to respect the language capabilities and preferences of their customers. A Finnish manufacturer would not dream of using Finnish to market a product in Germany or France, nor would a Spanish firm rely on Spanish to attract customers in Italy or Sweden. This very obvious ethos is not going to change with 1992: rather, the importance of the precept will be sharply enhanced. The single market will make trading conditions even more competitive».

Una posibilidad es que se refiera al mensaje del párrafo anterior constituyendo en ese caso un ejemplo de cohesión por «encapsulamiento». Pero también puede tratarse de un anuncio que predice la oración siguiente. En mi opinión, «the precept» recupera la información dada en la frase inicial del párrafo anterior; en concreto esta recuperación se consigue mediante la relación de «the precept» con «this very obvious ethos» como claramente señala la puntuación final y la idea de contraste que marca «rather». Lo que sucede no es «is not going to change» sino «will be sharply enhanced».

(320) Sinclair (1993, 16-17) denomina a ese movimiento «overlay».

Sinclair afirma que no es posible que una oración pueda clasificarse simultáneamente como realización de un anuncio y como encapsulamiento. Lo que si es más frecuente es encontrar una oración que encapsula la oración anterior al mismo tiempo que anuncia la siguiente. Esto no es exactamente lo que Sinclair denomina actos dobles de referencia⁽³²¹⁾. Se trataría de un acto de referencia con doble valor. Es el caso de la expresión tan citada por Sinclair (Sinclair, 1993; 1994):

«The implications are daunting».

Sinclair (1994, 18) nos dice que esta frase ilustra de forma muy adecuada la condición del texto de presentar en la oración que se está leyendo toda la información dada necesaria para comprender lo que se dice después. En este caso, *«the implications»* se refiere a lo dicho antes y así lo indica la presencia del artículo determinado *«the»* y la necesidad de suponer que las implicaciones sean «de algo»⁽³²²⁾. Pero esta expresión no sólo funciona como encapsulamiento, sino que presenta también la información que todavía no se ha leído. Constituye también un ejemplo de anuncio, ya que lo normal al leer es que a continuación encontremos esas implicaciones. En concreto, en un artículo posterior, Sinclair (1994)⁽³²³⁾ insiste en el valor anticipatorio de esta frase.

La importancia del trabajo de Sinclair en el análisis de la cohesión que

(321) Véase los ejemplos citados por Sinclair (1993, 21).

(322) La afirmación de Sinclair puede matizarse, ya que la presencia del artículo y el significado de la palabra no son suficientes para asegurar su valor anafórico. En mi opinión, la expresión *«the implications»* podría funcionar también de forma catafórica en una expresión del tipo *«the implications of what I'm going to say are really interesting»*. Si bien es verdad que en ausencia de ese complemento, la interpretación más probable es sobreentender lo dicho antes.

(323) Sorprendentemente, en este trabajo, Sinclair (1994, 18) afirma que la oración *«the implications are daunting»* no constituye un caso de encapsulamiento. Parece contradecir así las afirmaciones del trabajo anterior (Sinclair, 1993, 10) en donde lo clasificaba como un encapsulamiento del tipo de acto lógico y afirmaba: *«The meaning of this noun indicates ellipsis - the implications must be of something...»*. En realidad, lo que sucede es que la expresión realiza las dos funciones.

presento es esencial. Sus consideraciones de cara al análisis de la cohesión y la coherencia son las que mejor se ajustan a la realidad textual. Sinclair defiende la existencia de la cohesión y su importancia para la creación de la coherencia, pero, considera que de cara al análisis textual la distinción entre una y otra es irrelevante. Esta novedad del trabajo de Sinclair soluciona el problema que planteaba el enfoque de De Beaugrande y Dressler (1981) que analizaban por un lado la cohesión y por otro la coherencia.

Además, el trabajo de Sinclair aporta a la metodología de análisis tres condiciones de enorme interés.

En primer lugar, relaciona la cohesión con el sistema de la información dada y nueva que desde Grimes (1975) se había relegado. Sinclair nos dice que la cohesión permite organizar el texto de tal forma que cada nueva oración incorpora lo dicho hasta entonces y reemplaza la oración anterior.

En segundo lugar, elige la oración como unidad clave. Algunos estudios anteriores proponían unidades cuya percepción requería un proceso de interpretación adicional. De esta forma, estas unidades solo conseguían complicar el proceso de análisis por la sencilla razón de que toda lectura supone siempre una valoración de la coherencia y siempre se han leído oraciones.

En tercer lugar, Sinclair presenta la novedad de la noción de encapsulamiento que permite explicar cómo recupera el texto la información dada. El único punto débil de la explicación de Sinclair es que no establece la conexión entre la cohesión puntual y la recuperación del tópico que previamente se ha introducido en un anuncio. En este sentido, Sinclair concluye que en su modelo de análisis todavía no se ha determinado qué función desempeña de este tipo de cohesión «*The question remains as to where in a model «point-to-point cohesion should be located».*

Por último, mencionaré otra apreciación interesante de su trabajo. Un

texto no se puede calificar como coherente o incoherente en su globalidad. A lo largo del texto, puede haber algunos momentos en los que se percibe claramente la relación entre las oraciones y otros en que no. La incoherencia puede producirse en aquellos casos en los que la relación entre dos oraciones no está explícita y el lector⁽³²⁴⁾ debe deducirla. En realidad, en los textos puede darse siempre un margen de incoherencia, ya que es frecuente que exista alguna oración que no enlace bien con lo dicho antes; pero en ningún caso su presencia obliga a calificar el texto como incoherente en su totalidad⁽³²⁵⁾. En el análisis del texto periodístico de Randolph Quirk, Sinclair presenta algún caso de relación de cohesión poco clara que conduce a cierta falta de coherencia. Este análisis de la cohesión se ajusta así a las dos condiciones de la percepción de la coherencia que hemos mencionado en el capítulo anterior. En primer lugar, la coherencia es subjetiva porque supone un proceso de interpretación por parte del lector, proceso de interpretación que puede variar de lector a lector. En segundo lugar, el grado de coherencia no presenta de forma homogénea a lo largo del texto.

Termina aquí esta revisión de los diferentes enfoques de la cohesión textual. Estos enfoques han contribuido al estudio de la cohesión aquí presentado con las siguientes ideas.

a) Halliday y Hasan (1976) han aportado la noción de lazo de cohesivo como el punto de unión que se establece entre dos oraciones del texto; en segundo lugar, la idea de la cohesión como una relación semántica, aunque ellos mismos se

(324) Esta idea de Sinclair confirma mi hipótesis que la coherencia es una noción subjetiva, que se basa en la capacidad de cada lector para reconocer esas relaciones. Es por esto que la coherencia no es una propiedad del texto en sí, sino del proceso de comunicación como también ha señalado Bernárdez (1995).

(325) Esta idea enlaza con lo que algunos autores señalan como la condición dinámica de la coherencia (Phelps, 1988).

contradicen, y afirman que hay relaciones cohesivas que no son semánticas⁽³²⁶⁾ e insisten en la cohesión como un mecanismo esencialmente formal⁽³²⁷⁾. En tercer lugar, Los procedimientos lingüísticos señalados por ellos han constituido el punto de partida a la hora de materializar los mecanismos por los que se realiza la cohesión.

b) La doble distinción que hacía Mederos (1988) entre cohesión por anáfora y cohesión por conexión me ha llevado a reclasificar los procedimientos de cohesión de Halliday y Hasan. La distinción de Hasan (1989) entre cohesión componencial y cohesión orgánica ha confirmado que esa doble distinción es pertinente.

c) Las cadenas léxicas de Hasan (1989), especialmente las cadenas de identidad, han permitido descubrir que es esencial reconocer la continuidad del tema del que se habla y, por lo tanto, la identidad del referente o los referentes mencionados.

d) El trabajo de Hoey (1991) corrobora la importancia de las relaciones léxicas en la consecución de la cohesión y contribuye con dos novedades importantes. Hoey integra la creación de cadenas léxicas en la unidad oracional y la noción de presentación y fin del tópico. Hoey aporta también una descripción muy apropiada de la distinción entre cohesión y coherencia. La coherencia es la valoración de la interpretación del texto por un lector particular y la cohesión será una condición del texto.

(326) A la hora de hablar de uno de los procedimientos Halliday y Hasan (1976, 307) nos dicen «... *the cohesive relation that is appropriate is one that is established not at the semantic level, where there is an implication that the cohesive facto is an extralinguistic one, but at the lexicogrammatical level*».

(327) Véase Halliday y Hasan (1976, 284): «*Properly speaking, reference is irrelevant to lexical cohesion. It is not by virtue of any referential relation that there is a cohesive force set up between two occurrences of a lexical item; rather, the cohesion exists as a direct relation between the forms themselves ...*».

e) Pero será Sinclair (1993; 1994) el que aporte mayores novedades con las nociones de «encapsulamiento» y «anuncio», claves para descubrir el funcionamiento de la cohesión en las relaciones oracionales. Gracias a este trabajo se descubre que las relaciones de cohesión no implican sólo seguir a lo largo de un texto la referencia a una entidad. La clave de la cohesión oracional radica en la capacidad que cada oración tiene de absorber la información proporcionada por las oraciones anteriores y reemplazarla. Esta integración de la información dada en la información nueva se consigue gracias al fenómeno del encapsulamiento. El encapsulamiento permite explicar cómo la organización secuencial del texto se integra en la organización jerárquica de la información y resulta clave para descubrir el funcionamiento exacto de los lazos cohesivos. Pero, la noción de encapsulamiento se complementa con la de anuncio.

También resulta de gran interés el hecho de que Sinclair considere que en la práctica no es necesario distinguir cohesión y coherencia. Aunque no son exactamente lo mismo, están estrechamente vinculadas porque la coherencia depende de la cohesión. Es interesante también la idea de que la coherencia no es una condición homogénea a lo largo del texto, ya que un lector sólo considerará un texto incoherente cuando no perciba la relación de cohesión.

Estos son los presupuestos que me han permitido idear el modelo de análisis de la cohesión que presento en el capítulo siguiente.

V. LA COHESIÓN DEL TEXTO CIENTÍFICO-TÉCNICO ESCRITO

Mi intención es presentar la cohesión como el procedimiento de relación oracional que permite integrar cada nueva oración en el discurso ya dicho. Me ocuparé, por tanto, exclusivamente de los mecanismos de la cohesión que crean las relaciones entre las oraciones del texto. La cohesión conecta las oraciones del texto porque toda oración presenta como mínimo un punto de unión con la oración anterior. De esta forma, la cohesión coincide con el sistema de información dada y nueva.

La cohesión une los dos planos que se perciben en el texto, el plano del contenido y el plano de la intención. Logra la continuidad informativa e integra el contenido informativo en la intención mediante «encapsulamiento» o «anuncio». Gracias a estos dos mecanismos textuales de encapsulamiento y anuncio, la cohesión explica cómo la organización secuencial del texto permite percibir una organización jerárquica de la información.

5.1. LA COHESIÓN COMO PROCEDIMIENTO DE RELACIÓN ORACIONAL

La oración es la unidad clave para el estudio de la cohesión del texto por varias razones que coinciden en gran medida con las presentadas por Sinclair (1993). La oración ortográfica se puede considerar una unidad de análisis natural en el sentido de que puede ser identificada por cualquier lector. Es, además, la

dimensión que ha escogido el autor del texto para expresar sus ideas y en el texto se puede reconocer con facilidad sin necesidad de someter éste a ningún proceso de interpretación⁽³²⁸⁾. En este trabajo, entiendo por «oración» la cláusula independiente, ya sea simple o compleja.

Los mecanismos de cohesión que crean los lazos existentes entre las oraciones del texto suponen la existencia de información dada previamente. Por información dada entiendo tan sólo aquella información que el escritor ha «dado», es decir, mencionado antes y que, por tanto, es recuperable en el cotexto. Esta relación entre la cohesión y el sistema de la información dada y nueva la habían señalado ya algunos autores⁽³²⁹⁾, pero no se ha estudiado ni sistematizado en profundidad.

La cohesión ejerce también como mecanismo de contextualización oracional y esto explica el valor de la posición inicial como lugar ideal para la señalización de la relación entre las oraciones. Como medio de recuperar la información dada para añadir la nueva, la cohesión constituirá el medio de contextualizar cada nueva oración en el discurso ya dicho y lograr la continuidad de sentido que permite al lector llegar a la interpretación coherente del texto⁽³³⁰⁾.

Se establece así como criterio básico para la existencia de la cohesión la condición que menciona Sinclair (1993, 7): cuando una oración sigue a otra, la

(328) Algunas de las unidades empleadas en diferentes trabajos son las proposiciones (Van Dijk, 1977), los movimientos (Swales, 1990) o los segmentos de la teoría de la estructura retórica (Mann y Thompson, 1986; 1988). Estas unidades sólo pueden ser identificadas por los analistas y, en algunos casos, incluso con dificultad y, por supuesto, después de haber sometido al texto a un proceso de interpretación que puede modificar en cierta medida la intención original del escritor.

(329) Por ejemplo, Weissberger (1984, 490-491) señala la importancia de la relación entre cohesión e información dada en el texto científico y en un ámbito más general Downing y Locke (1992, 237), al estudiar el sistema de la información dada y nueva, incluyen dos de los mecanismos de cohesión, la elipsis textual y la sustitución como dos de los procedimientos que evitan la repetición de información ya conocida.

(330) Recuérdese De Beaugrande y Dressler (1981, 84) «*A text makes sense because there is a continuity of senses among the knowledge activated by the expressions of the text*».

segunda oración recupera la información de la oración anterior. Ahora bien, Sinclair nos dice «recupera por entero» y esta idea debe matizarse. No todas las oraciones del texto recuperan por entero la información de la oración anterior. En muchos casos el escritor simplemente retoma, de lo dicho, una de las entidades y sigue hablando de ella. Este tipo de relación oracional será el caso de relación por entidad coincidente. La cohesión en el plano del contenido mediante la coincidencia de entidades permite integrar la cohesión denominada «puntual» (Sinclair, 1994) en la cohesión oracional que interesa para la estructura del texto. La existencia de una entidad común entre dos oraciones es la condición mínima para que exista cohesión, aunque en la práctica serán muchos los casos en los que las oraciones compartan entre sí varias entidades.

De esta forma, la cohesión conecta con el mantenimiento de la continuidad y el tópico del discurso⁽³³¹⁾. La cohesión enlaza las oraciones del texto porque crea cadenas de referencia a ese mismo participante o entidad⁽³³²⁾ que se constituye en tópico, incluso cuando está ausente⁽³³³⁾. Se trata, por tanto, de cohesión en el nivel informativo que consigue la continuidad en la presentación de la realidad de la que se habla. En este sentido, el lazo mínimo de unión entre dos oraciones es la existencia de una entidad común. Coincidiría este enfoque de la cohesión oracional con las teorías que defienden la idea de que el lector consigue una interpretación coherente de las proposiciones del texto gracias al solapamiento de los argumentos⁽³³⁴⁾.

(331) Jordan (1982, 5) nos dice: «*Whatever other means of coherence are used in a text, there must always be signals that tell the readers what is being discussed or explained. These signals maintain the continuity of the text; they tell the reader when the discussion continues on a given topic, and they indicate changes in that topic*».

(332) Recuérdese las cadenas de identidad de Hasan (1989).

(333) Recordemos por ejemplo el trabajo de Givón (1983) sobre la continuidad del tópico que se refería a la elipsis como anáfora 0.

(334) Véase Graesser et al. (1997, 305-306). Estos autores nos dicen que en el nivel de la microestructura textual (Kintsch y Van Dijk, 1978) las proposiciones se conectan gracias al solapamiento de los argumentos y cuando este solapamiento no se produce es necesario inferir la relación existente.

En este sentido, el procedimiento sobre el que se asienta la cohesión es la referencia anafórica que permite que la información que se presenta en el título o en la primera oración del texto se recupere en la oración siguiente y así sucesivamente. En aquellos casos en los que no se percibe una referencia anafórica es porque ésta existe implícitamente. Es así posible explicar por qué se pueden producir textos coherentes sin cohesión aparente, ya que se trata de casos en los que el lector se ve obligado a hacer explícitas esas conexiones.

Cuando una oración recupera globalmente la oración anterior o una de sus cláusulas nos encontramos ante el fenómeno del encapsulamiento⁽³³⁵⁾. En este caso, la nueva oración presentará, explícita o implícitamente varias de las entidades mencionadas previamente⁽³³⁶⁾. Un mecanismo similar que permitía recuperar mediante una lexía la información que antes ha necesitado varias había sido mencionado por Lyons (1977, 262), que lo denominaba «encapsulation»⁽³³⁷⁾:

«First of all, it should be noted...that there are many distinctions of sense that can be made either by the syntagmatic modification of a more general lexeme or by the use of a more specific single lexeme. For example, we can use the syntagm "unmarried man" (with "man" modified by "unmarried") or the single lexeme "bachelor", in many contexts at least, as having the same sense... Let us refer to the lexicalization of this syntagmatic modifying component (for want of a better term) as encapsulation».

(335) He preferido denominar el fenómeno «encapsulamiento» frente a «encapsulación» para evitar la rima «encapsulación de la información». En realidad, el verbo admite ambos sufijos con el significado de acción y resultado. Lang (1990, 146) confirma que estos dos sufijos pueden considerarse «rivales». Además, en el caso de los verbos creados a partir de un nombre con el prefijo *en-* se utilizan ambos en varios casos. El Diccionario de la Real Academia recoge, por ejemplo, para «encarcelar», «encarcelación» y «encarcelamiento».

(336) Downing (1997, 159-160) señala la función del encapsulamiento en la recuperación de entidades mencionadas previamente.

(337) Ramón Cerdá en su traducción al español de la obra de Lyons emplea el término «encapsulación» (Lyons, 1980, 247).

Sin embargo, en este trabajo, el encapsulamiento recibe un enfoque más amplio, ya que permite recuperar globalmente cláusulas, oraciones e incluso párrafos. Se trata del concepto de encapsulamiento presentado por Sinclair (1993), que también se denomina encapsulamiento anafórico (Conte, 1996)⁽³³⁸⁾. Por medio del encapsulamiento lo dicho ya forma parte de lo que ahora se está diciendo. Sinclair (1993) presenta sólo dos tipos de encapsulamientos, los actos lógicos que emplean un conector o marcador y los actos deícticos que emplean un pronombre. Veamos un ejemplo sencillo de encapsulamiento de la información dada en la oración anterior, en este caso mediante nombre:

Ejemplo 1 (anexo 12)

(51) Cuando el semiconductor se ilumina, los fotones de la luz solar pueden romper los enlaces, bombeando electrones desde la banda de valencia hasta la de conducción y generando así abundantes pares electrón-hueco. (52) EL FENÓMENO provoca la aparición de dos niveles de Fermi diferentes, que ahora se llaman pseudoniveles de Fermi, uno para los electrones y otro para los huecos, y en vecindad respectiva de la banda de conducción y de valencia.

Aquí, la palabra «fenómeno» de la oración 52 encapsula la oración 51 completa; oración que explica el fenómeno en cuestión.

Pero existe otra posibilidad a la hora de añadir una nueva oración. Se trata del anuncio. Como técnica de composición textual, el anuncio consiste simplemente en la presentación de lo que a continuación se va a decir. Los autores que se han ocupado de este mecanismo como tal son Sinclair (1993; 1994), Tadros (1994) y también Francis (1994). Los términos que emplean estos autores para referirse a este procedimiento son «*prospection*» en el caso de Sinclair (1993; 1994)

(338) La existencia del encapsulamiento la habían percibido varios de los autores que estudian con anterioridad la cohesión textual, pero no habían llegado a clasificar como un mecanismo aparte. Por ejemplo, Halliday y Hasan (1976) se referían a él cuando hablaban de «referencia textual» y «referencia ampliada». Coincide con el procedimiento que Mederos (1988) había denominado «conexión» y con los mecanismos orgánicos de Hasan (1989).

y «*prediction*» en el caso de Tadros (1994). Yo he preferido denominarlo «anuncio», porque este vocablo explica claramente en español la función que desempeña este mecanismo textual. La palabra «predicción», en cambio, parece añadir cierta connotación de adivinación sobre el contenido de lo que se va a decir que no resulta adecuada desde el punto de vista del escritor, ya que él controla totalmente el futuro del texto⁽³³⁹⁾. Tampoco he empleado el término «anticipación» que encontramos por ejemplo en Coseriu⁽³⁴⁰⁾ porque coincide con el fenómeno sintáctico del adelantamiento de un elemento oracional. En mi opinión «anuncio» resulta una expresión clara. Se trata de anunciar lo que se va a decir posteriormente en el texto. Otra posible denominación sería «presentación», pues, su función es también presentar lo que después se menciona. En este sentido, resulta especialmente adecuada la expresión empleada para presentar el tópico en inglés, «*topic introduction*»⁽³⁴¹⁾ pero he considerado que como tal constituiría sólo uno de los posibles tipos de anuncio.

Gracias al anuncio, el lector se encuentra primero con una expresión cuya referencia concreta a un concepto o una idea no se percibe si no es gracias a otra expresión del texto que aparece después. En el ejemplo siguiente la expresión «*significant advances*» de la oración 12 anuncia la información de la oración siguiente, la fabricación de más de un millón de microláseres, dispositivos de los que nos darán más información las oraciones 14, 15 y 16.

Ejemplo 2 (anexo 5)

(12) *Very recently, significant advances have been made in the*

(339) En mi opinión el término «predicción» resulta adecuado como denominación de una estrategia de lectura. El lector en función de lo dicho ya predice lo que el texto dirá. Este empleo del término lo reconoce la misma Tadros (1994, 69) cuando afirma que ella lo va a emplear en un sentido más específico para referirse al compromiso del autor a presentar a continuación una información determinada.

(340) Véase Casado Velarde (1991, 102).

(341) Véase, por ejemplo Downing y Locke (1992, 224-225).

miniaturization of DIODE LASERS. (13) In May 1989, in work that evolved from efforts to construct two-dimensional arrays of optical switches in hopes of eventually building optical computers, we fabricated MORE THAN ONE MILLION MICROLASERS, OR MICRON- SIZE LASERS, on a single semiconductor chip about seven millimeters wide by eight millimeters long. (14) THE MICROLASERS were proposed by one of us (Jewell) and Sam McCall of AT&T Bell Laboratories.

(15) THEY were created at Bell Communications Research (Bellcore) by the other two of us and Leigh Florez. (16) THE DEVICES range in size from to five microns.

El texto se construye así retomando lo ya dicho o anunciando lo que se va a decir después⁽³⁴²⁾. Se retoma lo ya dicho al recuperar una entidad o al encapsular una cláusula o varias y se presenta lo que se va a decir después mediante el anuncio. Estos dos mecanismos explican por qué las relaciones de cohesión no implican sólo seguir a lo largo de un texto la referencia a una entidad. La clave de la cohesión oracional radica en la capacidad que cada oración tiene de absorber la información proporcionada por las oraciones anteriores y reemplazarla.

Estas relaciones que se establecen entre las oraciones del texto se percibían ya en los cuatro tipos de estrategias discursivas que Quirk et al. (1985, 1435-1437) señalaban: una estructura organizativa paso a paso en la que las oraciones siguen una organización secuencial; una estructura encadenada en la que cada nueva oración depende de la anterior porque se retoma uno de los temas mencionados; una estructura piramidal en la que existe una primera oración que engloba las que a continuación siguen; y por último, una estructura de contrapeso en la que cada oración se relaciona con la siguiente mediante una relación de

(342) Coincide esta explicación básicamente con Sinclair (1993; 1994). Sin embargo, Sinclair añade un movimiento la apostilla «*overlay*», que yo descarto. La razón es que la apostilla es una oración que dice lo mismo que la anterior. Clasificar una oración como tal supone interpretarla y descubrir que la información es la misma que la oración anterior y no analizar el mecanismo de cohesión.

contraste⁽³⁴³⁾. Estos diferentes ritmos textuales pueden explicarse en función del mecanismo de cohesión empleado. Por ejemplo, la relación por existencia de una entidad común o por el encapsulamiento de la oración anterior producen una estructura encadenada y el anuncio de varias oraciones venideras consigue una estructura piramidal.

Creo que estos movimientos textuales de recuperación de una entidad previamente mencionada, encapsulamiento y anuncio coinciden también con los tres tipos de relaciones oracionales que Casado Velarde (1991, 102; 1997, 68) menciona siguiendo a Coseriu (1981): la anticipación, la anáfora y la concatenación. Estos tres tipos de relaciones tiene en cuenta la dirección de la relación fórica que se establece entre las oraciones y confirman en mi opinión lo acertado de esta concepción del texto que nos presenta Sinclair (1985; 1993; 1994).

5.2. LA DIMENSIÓN SEMÁNTICA DE LA COHESIÓN

El enfoque que presento aquí considera, además, que las relaciones que se crean mediante los mecanismos de cohesión son de naturaleza semántica como ya afirmaban Halliday y Hasan (1976)⁽³⁴⁴⁾. El debate que se crea para decidir a qué nivel se realiza la cohesión, gramatical, semántico, o pragmático es un debate irrelevante para el estudio del texto. Tenemos que considerar que el significado se manifiesta en los tres niveles y por ello separarlos es una actividad artificial e irreal. Como afirma Wierzbicka (1988, 1-2):

(343) Los términos que Quirk et al. (1985, 1435) emplean para estos cuatro tipos de estructura son «step», «chain», «stack» y «balanced».

(344) Halliday y Hasan (1976, 10) nos dicen: «... we can interpret cohesion, in practice, as the set of semantic resources for linking a SENTENCE with what has gone before».

«Language is an integrated system, where everything "conspires" to convey meaning - words, grammatical constructions, and illocutionary devices (including intonation). Accordingly, linguistics falls naturally into 3 parts, which could be called lexical semantics, grammatical semantics and illocutionary semantics. A Morrisian division of the study of signs into semantics, syntax and pragmatics may make good sense with respect to some artificial sign system but it makes no sense with respect to natural languages, whose syntactic and morphological devices (as well as illocutionary devices) are themselves carriers of meaning».

Ahora bien, esa dimensión semántica se percibirá en la realización lexicogramatical. La cohesión como procedimiento que consigue la continuidad textual, será por supuesto semántica, pero se manifestará en el léxico y en la gramática. Como el mismo Halliday afirma (1994, xix), entre la semántica y la gramática no existe una línea divisoria clara. Debo mencionar pues que el criterio seguido para establecer los mecanismos de cohesión intenta, en la medida de lo posible, atenerse a categorías léxico-gramaticales. Esto obedece al deseo ya expresado de ofrecer una explicación de la cohesión textual que contemple la interpretación del texto en las mismas condiciones en las que se realiza la lectura. Pero el mecanismo de cohesión que actúa como enlace oracional funciona como tal, no porque exista una expresión lingüística que repita o sustituya otra anterior, sino porque el concepto al que esa expresión alude es el mismo al que aludía la expresión precedente o está relacionado con él en alguna medida. La insistencia por parte de algunos autores en la idea de la cohesión como procedimiento estrictamente formal ha conducido a conclusiones erróneas. Por ejemplo, es la causa de que el análisis textual de De Beaugrande y Dressler (1981) fracase. En mi opinión, la cohesión existe porque esa expresión lingüística que se interpreta acudiendo a lo dicho antes crea un lazo de unión entre las dos oraciones, pero su funcionamiento como mecanismo de cohesión no es meramente formal. Para que exista cohesión entre las oraciones del texto, ese lazo cohesivo deberá establecer una unión entre el contenido informativo de la nueva oración y el de la anterior.

5.3. LA ANÁFORA COMO CLAVE DE LA RELACIÓN ORACIONAL

El enfoque de la cohesión que presento aquí considera que entre dos oraciones consecutivas en el texto existe una relación anafórica, de manera que la segunda oración recupera, por entero o en parte, la información de la oración anterior. Esta expresión anafórica es el lazo cohesivo (Halliday Hasan, 1976) y corresponde también al «acto deíctico» y al «acto lógico» de Sinclair (1993).

El pilar sobre el que se asienta esta recuperación de la información dada es, por tanto, la anáfora⁽³⁴⁵⁾ que resulta ser el procedimiento de conexión de las oraciones del texto. Sin embargo, el concepto de anáfora debe entenderse en un sentido amplio⁽³⁴⁶⁾. La relación anafórica que se establece entre las oraciones del texto funciona en dos sentidos. No se trata de descubrir la referencia de un pronombre acudiendo a una entidad previamente mencionada, sino que alude a toda expresión que recupera, explícita o implícitamente, algo ya mencionado en una oración anterior. Esta concepción de la anáfora no implica que el lector interprete el texto hacia la izquierda⁽³⁴⁷⁾, sino que supone que el lector emplea toda la información dada hasta entonces, para interpretar la nueva. La «anáfora», tal como la empleo aquí, no se opone a la «catáfora»⁽³⁴⁸⁾. Desde la perspectiva del texto seguido, lo dicho ya se puede considerar una anticipación de lo que se va a decir. En este sentido, la concepción del texto que aquí se adopta coincide con la expresada por

(345) Entre los trabajos que señalan la importancia de la anáfora en la creación de relaciones textuales podemos mencionar Fox (1987), aunque desafortunadamente sólo se ocupa de la anáfora con referencia personal, y el monográfico de De Mulder y Tasmowski, eds. (1996) *Coherence and Anaphora*.

(346) Green (1996, 30) considera que las expresiones «por tanto», «no obstante», «así pues», implican la referencia a entidades que han aparecido antes en el discurso. También reconoce el valor anafórico de los dos puntos.

(347) Alcaraz Varó (1990, 136) nos dice que la anáfora es levógira, mientras que la catáfora es dextrógira.

(348) En los estudios interesados por la pragmática del lenguaje la distinción entre anafórico y catafórico resulta irrelevante (Green, 1996, 24). Como puede verse en Alcaraz Varó y Martínez Linares (1997), el concepto de «anáfora» ha recibido diferentes interpretaciones.

Sinclair (1994, 17) en la que se identifica el texto con la oración que en ese momento se está leyendo y, por ello, integra todo lo que se ha dicho hasta entonces. La anáfora permite explicar el movimiento informativo del texto y recuperar esa entidad o esa información que previamente se ha anunciado. Es importante cambiar la dirección del análisis textual y analizar el texto desde la última oración leída hacia adelante como aconseja Sinclair (1994, 9)⁽³⁴⁹⁾. Desde el punto de vista del texto, la distinción entre anafórico y catafórico es irrelevante, ya que le lector mantiene en la mente lo que acaba de leer como ayuda para interpretar lo siguiente.

Interpretar así el texto es de gran interés por dos razones. En primer lugar, se evita el problema de la resolución de la anáfora planteado, por ejemplo, en las recetas de cocina. La entidad que se vuelve a mencionar no equivale exactamente a la mención anterior⁽³⁵⁰⁾. Es la entidad anteriormente mencionada, más todo lo que de ella se haya dicho después, y quizá también los conocimientos que de entidades similares posea el receptor del texto. En el ejemplo siguiente, tomado de uno de los textos analizados del corpus español, la expresión «esta célula» de la oración 153 no repite la expresión «célula» de la oración 152, sino que recupera toda la información presentada por el objeto directo de la oración anterior «una célula de fósforo de galio e indio...»⁽³⁵¹⁾:

(349) Sinclair (1993, 14) nos dice en concreto que este análisis hacia delante es mucho más interesante. *«The claim in this chapter is that forward-facing, or prospective analysis is more relevant to the explication of discourse. It is hierarchical, explaining the sentence connection with reference to a higher-order structure of topic introduction and development».*

(350) Brown y Yule (1983, 201-202) afirman que, en realidad, en el texto no existe la sustitución lingüística y lo explican con el mismo ejemplo de Halliday y Hasan (1976, 3): *«Wash and core six cooking apples. Put the apples in a fireproof dish»*, ya que evidentemente las manzanas de la primera oración y las de la segunda ya no son iguales, aunque sean las mismas. Este fenómeno es más evidente cuando la primera mención va acompañada de adjetivos que ya no son aplicables en el caso de la segunda mención como en el caso del conocido ejemplo del pollo hermoso y «vivito y coleando» que se mete al horno.

(351) Se trata de nuevo del fenómeno del «encapsulamiento».

Ejemplo 3 (anexo 12)

(152) En el mismo orden de cosas, Olson y sus colaboradores, del Instituto de Investigación de Energía Solar de Golden, han desarrollado una célula de fósforo de galio e indio (P_2 Galn), con E_g alrededor de 1,9 electronvolts, crecida sobre una de AsGa ($E_g = 1,4$ electron-volt), que ha dado rendimiento conjunto de 27,3 por ciento sin concentración, el mayor conseguido hasta ahora en estas condiciones. (153) Aunque subsisten problemas para usar ESTA CÉLULA en concentración, quizá combinando estas dos células con una de SbGa, la una debajo de las otras, se llegue pronto al 40 por ciento».

En segundo lugar, este concepto de la anáfora permite considerar la «referencia textual» en el sentido que Brown y Yule (1983, 28) dicen que debe hacerse cuando se habla de discurso. Es decir, el emisor del texto emplea diferentes expresiones lingüísticas para referirse a las entidades o tópicos de los que habla y es el lector quien debe reconocer la entidad⁽³⁵²⁾ o el tópico al que esas expresiones se refieren⁽³⁵³⁾. Al resolver la anáfora, los receptores del texto descubren la coherencia e interpretan lo que se dice en un momento dado en función de lo dicho antes (Cornish, 1996, 37).

(352) Entiendo por «entidad» o «ente», cada uno de los conceptos asociados a un proceso determinado. Se trata de un concepto semántico y no gramatical, aunque la mayoría de las entidades gramaticalmente sean nombres. No obstante, es necesario explicar que esta denominación de «ente» es en parte incorrecta puesto que el término no incluye propiamente los nombres abstractos, como ya reconocía Lyons (1977, 298). La dificultad de encontrar un término genérico que incluya los nombres concretos y los abstractos existe tanto en inglés como en español. Las entidades o entes coinciden en parte con los participantes en terminología de Halliday (1994, 108), aunque en algunos casos también coinciden con las circunstancias.

(353) Conecta esto perfectamente con los estudios que relacionan la explicación de la coherencia textual y la resolución de la anáfora (De Mulder y Tasmowski, eds., 1996, vii): «*Coherence can be viewed as a general interpretative principle that hearers follow in integrating information from current clauses or utterances in their mental model of discourse...*». Se trata de que las expresiones del texto activen las entidades o tópicos adecuados en los lectores. Idea que, como he mencionado antes, ya estaba presente en De Beaugrande y Dressler (1981, 109) «... rather than saying that «words refer to objects or the like», we prefer to say that "expressions activate knowledge"».

5.4. LOS DOS PLANOS DEL TEXTO: EL PLANO DEL CONTENIDO Y EL PLANO DE LA INTENCIÓN

El funcionamiento de estos mecanismos y sus posibles realizaciones en el texto no se comprenden si no se interpreta el texto como la integración de dos planos. Estos dos planos son el plano del contenido, la realidad o «ficción» de la que se habla, y el plano de la comunicación o plano interactivo que corresponde al hecho de comunicarse y manifiesta la intención comunicativa: en otras palabras, la razón por la que se establece la comunicación. Estos dos planos no actúan en paralelo, sino que el plano del contenido, el plano autónomo, se inserta en el plano de la intención, el plano interactivo. De esta forma, toda manifestación textual debe interpretarse como integrada en un «Yo te digo **esto**»⁽³⁵⁴⁾. Cuando el autor se ausenta del texto sólo nos queda el contenido, «esto» de lo que se habla. Cuando el autor o el lector aparecen en el texto nos encontramos en el plano interactivo.

Esta distinción la expone Sinclair (1985, 20-21), quien emplea estas denominaciones de plano autónomo y plano interactivo. Pero no es Sinclair el único autor que la señala. Esta distinción es una idea recurrente en los autores que se han ocupado de la coherencia y en especial, en los que han estudiado los conectores. Se halla detrás de la Teoría de la Argumentación de Anscombe y Ducrot⁽³⁵⁵⁾ y de la

(354) Coincide este planteamiento con el de Sinclair (1985, 20-21) quien afirma la presencia de un plano interactivo, no siempre manifestado en la realización textual real, en el que se integra el plano autónomo: «*For each sentence/move, there has to be an identification of utterer and receiver, that is, those who would be referred to by the pronouns I and You. This requirement can be represented as I VB YOU... The analysis of S/ms by divisions into interactive and autonomous segments corresponds to the same distinction in planes of discourse ... Roughly speaking, the interactive segments depicts what is going on in the real world at the time of utterance, while the autonomous segment is a report about something that may include the current state of the real world but is certainly not restricted to it*».

(355) Véase así el prólogo de Marta Tordesillas a la edición en español de *La Argumentación en la lengua*, de Anscombe y Ducrot (1994, 11-13) en donde esta autora señala que la distinción se corresponde con los dos componentes de los que hablaba Searle, el contenido proposicional y la fuerza ilocutiva, que pueden remontarse a la dicotomía de Descartes del entendimiento frente a la voluntad.

distinción de Fillmore entre el contenido proposicional y el contenido modal⁽³⁵⁶⁾. El contenido proposicional sería la realidad de la que se habla y el plano interactivo afectaría a la modalidad. También alude a ella Catalina Fuentes (1987, 54), quien nos dice:

«... en toda comunicación hay una parte expresa, donde aparece la información dada por el hablante al oyente, el "dictum" como lo llama Bally (1965); y otra parte marginal que corresponde a los momentos preliminares y primarios con respecto a lo enunciado: el nivel de enunciación, donde el hablante ejerce su acto de habla X, comunica; b) el nivel modal, en que indica su actitud ante los informado».

También pueden identificarse estos dos planos con las «metafunciones» de Halliday. El contenido quedaría así asignado a la función ideacional y el plano interactivo correspondería a la función interpersonal. La función textual sería el recurso que permitiría la existencia de ambas.

5.5. LA CONSTRUCCIÓN DEL TEXTO: EL PLANO DEL CONTENIDO SE INTEGRA EN EL PLANO DE LA INTENCIÓN

El texto se construye pues en estos dos niveles; El primer nivel, el plano del contenido atiende a la cohesión de la información y permite que cláusulas y oraciones se enlacen gracias a la existencia de una entidad común explícita o implícita. El segundo nivel es el plano interactivo en el que fragmentos de texto, una oración o varias unidas entre sí por el contenido, mantienen una misma intención comunicativa, enlazadas a su vez mediante «encapsulamiento» o «anuncio».

(356) Esta información se la debo al profesor Noemí Padilla de la Universidad de La Serena en el Congreso de la Asociación Española de Lingüística aplicada celebrado en Logroño de 1998. En su estudio del lenguaje en la comunicación periodística, el profesor Padilla concluye que el contenido proposicional es común a todos los textos que tratan la misma noticia y que es la modalidad la que es opcional y manifiesta la originalidad del discurso.

Estos fragmentos de texto que mantienen una misma intención del autor corresponden a la unidad que Sinclair (1985, 23) denomina «*posture*» y que en este caso podríamos traducir por «postura», ya que la metáfora de la expresión corporal, empleada corrientemente para referirse a una opinión, podría, en este caso, referirse al mantenimiento de una misma intención por parte del escritor hasta que éste decida cambiar de «postura». Estas secciones del texto que responden a la intención del autor cuando comunica su información pueden equipararse a las secciones que distinguen otros estudios del texto como Goutsos (1996). Este autor emplea el término «*span*»⁽³⁵⁷⁾, que he traducido por «segmento», para referirse a las secciones que pueden distinguirse en el texto como consecuencia de la señalización de la continuidad o de un cambio con respecto a lo dicho antes⁽³⁵⁸⁾.

Esta interpretación del texto resulta idónea para explicar la presencia de los diferentes mecanismos de cohesión en los textos analizados. Las oraciones se encadenan simplemente por la presencia de entidades coincidentes hasta que el autor decide manifestar su cambio de postura mediante uno de los procedimientos de encapsulamiento o anuncio. En el lenguaje oral cada hablante tiene la oportunidad de *conducir el discurso en la dirección que considere más oportuna. En el lenguaje escrito es el escritor quien dirige la comunicación mediante el procedimiento que elige para seguir hablando. En este sentido, el encapsulamiento y el anuncio resultan ser dos técnicas de creación textual fundamentales cuya función es la recuperación de lo ya dicho y la presentación de lo que se va a decir, simplemente para decir más o para evaluarlo, explicarlo o justificarlo.*

El texto se organiza secuencialmente y el responsable principal de esa organización secuencial es el contenido, pero también se organiza jerárquicamente y es aquí donde actúan el encapsulamiento y el anuncio. Estos dos mecanismos

(357) Este término lo emplean también Mann y Thompson (1992, 47) para referirse al fragmento de texto que presenta un «esquema» determinado.

(358) Véase Goutsos (1996, 506).

permiten la integración de la organización secuencial del texto en la organización jerárquica. El encapsulamiento ofrece la posibilidad de anular momentáneamente algunas oraciones de cara a la interpretación del texto. El anuncio, en cambio, es como un paraguas bajo el que se resguardan varias oraciones que siguen a continuación.

La labor del encapsulamiento en el texto es fundamental: integra el contenido en la intención; es decir, retoma lo que se dice para explicar por qué se dice. Esta posibilidad se manifiesta especialmente en la superficie del texto, ya que hace desaparecer las entidades de las que se está hablando. Un ejemplo de encapsulamiento que ilustra la integración del contenido en la intención y la desaparición de las entidades mencionadas es el fragmento siguiente (F.4). En este fragmento la oración 194 presenta dos casos de encapsulamiento: el pronombre «esto» y el adverbio «así»:

Ejemplo 4 (anexo 12)

*(192) En la superficie frontal existe, sin embargo, una fina capa N⁺, recubriéndola; (193) **Esta capa, capaz de limitar la recombinación de superficie, es indispensable en la célula PERL para favorecer la conducción lateral de la corriente hasta alcanzar las tiras de la rejilla de contacto que están bastante separadas.** (194) **ESTO es ASÍ** porque la región N⁺ es bastante buena conductora de la corriente de electrones, que es la que ha de salir por los contactos frontales, lo que no sucede con la base de tipo P.*

El pronombre «esto» (O. 194) encapsula los procesos mencionados en la oración 193 y, por lo tanto, las entidades que en él intervienen, «esta capa», «la célula PERL», «la corriente» y «las tiras de la rejilla de contacto». El adverbio «así» encapsula el modo de relacionarse esas entidades y procesos, en concreto el hecho de que «esta capa... sea indispensable para favorecer...» y, por lo tanto, recupera otra vez las entidades, pero de forma implícita.

Por esta razón, el encapsulamiento tiene una importancia excepcional, ya que permite romper la secuencialidad textual para absorber fragmentos de texto

de una extensión ilimitada. El encapsulamiento, tal y como aquí se presenta, amplía las posibilidades de recuperación de la información dada, puesto que no sólo es posible recuperar una cláusula, sino también varias oraciones e incluso varios párrafos. Se trata de un mecanismo esencial para explicar la construcción del texto, ya que consigue que una oración no se sume simplemente a la anterior, sino que integre la información recogida en ella o en varias de las oraciones anteriores. Por ejemplo, en el fragmento siguiente, la expresión «ese comportamiento» (O. 12) encapsula la cláusula que funciona como objeto directo de la oración 11, y la expresión «este descubrimiento» (O. 13) encapsula las dos oraciones anteriores completas:

Ejemplo 5 (anexo 7)

(11) En 1873, Karl Ferdinand Braun observó, por su parte, que la unión entre una punta afilada metálica y cristales de semiconductores compuestos (el sulfuro de hierro o plomo) presentaba propiedades rectificadoras, esto es, que la corriente eléctrica circulaba mejor en una dirección que en la opuesta. (12) El joven Braun (tenía 24 años en ese momento) atribuyó ESE COMPORTAMIENTO a la existencia de una capa delgada en la interfase entre ambos materiales. (13) ESTE DESCUBRIMIENTO es la base de los diodos y transistores presentes en toda la electrónica moderna.

En algunos casos, incluso es posible que el encapsulamiento abarque todo un párrafo. Así sucede en el ejemplo siguiente con la expresión «*the realization of the dream*»⁽³⁵⁹⁾ (O. 4) que permite recuperar todo el párrafo anterior:

Ejemplo 6 (anexo 5)

(1) Investigators have long dreamed of building an optical computer. (2) ELECTRONIC SWITCHES AND CIRCUITS would be replaced by a network of light through which individual impulses carry and process information. (3) THE IDEA is not only aesthetically appealing but also offers the promise of a machine that would be even faster and more versatile than the most powerful computer in use today.

(359) Algunos autores (Hoey, 1991) clasificarían «dream» como repetición.

(4) The realization of THE DREAM, however, has been thwarted by the lack of sufficiently tiny optical-signal processing devices.

La expresión *the realization of the dream* recupera el proceso de la oración 1 y con él toda la información del párrafo, oraciones 1, 2 y 3, puesto que el sueño es la construcción del ordenador óptico. En esas oraciones encapsuladas existe a su vez otro caso de encapsulamiento: *the idea* (O. 3) encapsula las oraciones 1 y 2.

Este modo de funcionar del encapsulamiento permite ir integrando sucesivamente las oraciones o absorber varias de golpe y constituye la clave por la que la lectura lineal del texto conduce a una interpretación jerárquica⁽³⁶⁰⁾. El texto se construye físicamente, oración a oración, como si las oraciones fuesen los eslabones de una cadena o las cuentas de un collar, una tras otra, pero su interpretación es secuencial sólo aparentemente. En los textos reales, las oraciones no siempre se enlazan mediante relaciones binarias, sino que se van absorbiendo sucesivamente. Blakemore (1992, 86) presenta un texto creado mediante relaciones binarias, y aunque parece en cierta medida coherente, resulta un texto extraño, artificial. En la realidad textual existen muchas oraciones que funcionan como las muñecas rusas y al sumarse a lo dicho antes, lo absorben y lo sustituyen. Incluso cuando una oración se añade a la anterior y se conecta simplemente por la presencia de una o varias entidades comunes, a las entidades mencionadas se añade todo lo que de ellas se ha dicho ya.

El encapsulamiento resulta un mecanismo resumidor y en este sentido es interesante su capacidad de anular momentáneamente el valor informativo de oraciones intermedias como en el fragmento siguiente:

(360) Se soluciona así el problema de algunos autores (Giora, 1985, 17) que no admitían una explicación de la coherencia en función de la condición secuencial del lenguaje, ya que en su opinión ésta respondía a una organización alineal y jerárquica en torno al tópico del discurso: «*Coherence, unlike cohesion, cannot be pursued linearly in the form of a sequential relation between pairs of sentences*».

Ejemplo 7 (anexo 12)

«(8) Sin embargo, **el reto sigue siendo abaratar esta energía**, aun cuando se ha avanzado mucho ya en ese sentido: (9) hoy es unas siete veces más barata que hace veinte años, pero todavía hay que abaratarla entre dos y cuatro veces para que sea rentable en competencia con otras fuentes convencionales. (10) (O quizá, tan sólo, esperar que éstas suban de precio). (11) Desde la primera crisis de la energía ha habido una saludable competencia entre dos concepciones sobre cómo lograr ESTE ABARATAMIENTO:...»

En este fragmento, el encapsulamiento mediante nominalización, «este abaratamiento» (O. 11) retrocede a la oración 8 en la que aparece por primera vez el proceso «abaratar» y de esta forma cancela la información de las oraciones intermedias.

La labor del anuncio en la creación del texto tiene también múltiples facetas. Interrumpe la continuidad vigente para introducir una entidad nueva o recuperar una antigua que se había abandonado, pero al mismo tiempo permite al autor manifestar su intención y si lo desea encapsular la información previamente dada.

El anuncio se compone esencialmente de dos secciones. Una constituida por la oración en la que se realiza el anuncio y la otra formada por las oraciones anunciadas (Tadros, 1994). La realización del anuncio puede extenderse más de una oración como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 8 (anexo 2)

(106) The conclusion to be drawn from THESE STUDIES is that different physical characteristics of cluster converge with those of solids at different scales. (107). **THE SOLID does not emerge all at once, but like the Cheshire cat it fades into view slowly, with the smile appearing first.**
(108) *How might the surface chemistry of clusters be exploited?*

En este fragmento, el anuncio de la oración 106, «*the conclusion to be drawn from these studies*»⁽³⁶¹⁾ se presenta en la misma oración, pero sigue en la oración 107 y se verá interrumpido al terminarse el párrafo y comenzar el siguiente mediante otro anuncio del tipo de pregunta que nos avisa de un nuevo tema (tópico). Es además un buen ejemplo de anuncio acompañado de encapsulamiento explícito, ya que el complemento *from these studies* recupera la información dada antes.

La presencia de anuncio permite la existencia simultánea de encapsulamiento implícito como el siguiente caso:

Ejemplo 9 (anexo 9)

(153) *¿Es que no se manifiesta la estructura geométrica del microagregado?* (154) *En nuestro grupo se ha trabajado bastante para aclarar ESTA CUESTIÓN.* (155) COMO POSIBLE EXPLICACIÓN *hemos sugerido que la temperatura de los microagregados formados en expansiones supersónicas es alta y sus átomos se hallan en movimiento, no disponiéndose en estructuras geométricas bien definidas.*

En este fragmento, la oración 155 recupera implícitamente lo dicho antes; lo que ahora se va a explicar es la pregunta de la oración 153, que la oración 154 encapsulaba con el nombre «esta cuestión». Este nombre sería el posible complemento del nombre «explicación» (O. 155). Esta oración 155 se interpretaría «como posible explicación de esta cuestión».

En los textos analizados ha sido posible encontrar varios casos de anuncios que se realizan en la misma oración. Estos anuncios que podríamos llamar «anuncios internos» contribuyen también a las relaciones interoracionales. Por una parte, funcionan como encapsulamientos que recuperan implícita o explícitamente

(361) El término «*conclusion*» pertenece a ese tipo especial de sustantivos que desempeñan una función clave en la construcción del texto y que los autores han denominado nombres anafóricos o nombres etiqueta (Francis, 1994) que más adelante comentaré con más detalle.

información de la oración anterior. Por otra, serán encapsulados a su vez por la oración siguiente o su alcance seguirá en ella. El ejemplo que presento a continuación es un claro ejemplo del tipo de anuncio interno cuyo alcance continúa en el párrafo siguiente:

Ejemplo 10 (anexo 10)

(179) Uno de los primeros problemas que cualquier físico tratará de entender en cualquiera de estos campos es el de la colisión de ondas. (180) Podemos obtener una idea sencilla de UNA COLISIÓN DE ONDAS pensando en lo que ocurre cuando lanzamos dos piedras a un lago, y en cómo las olas -ondas de agua- que estas piedras generan chocan e interfieren constructiva o destructivamente. (181) En general, LOS CASOS DE COLISIÓN estudiados en física son lineales - o sea, obedecen el llamado principio de superposición - y la onda resultante no es más que la simple suma de las ondas iniciales. (182) ASÍ, POR EJEMPLO, si la cresta de UNA ONDA coincide en un punto con la cresta de la otra onda, el resultado será una cresta de altura la suma de las alturas de cada una de las crestas iniciales y lo mismo ocurre en un punto con dos valles. (183) POR EL CONTRARIO, si UNA CRESTA coincide con un valle, ambos de igual magnitud, el resultado es la anulación de la onda.

En este fragmento, el anuncio que presenta la oración 179, «uno de los primeros problemas» se completa en esa misma oración: el problema es «la colisión de ondas». Pero el alcance del anuncio se extiende a todo el párrafo, ya que ese será el tema del párrafo como muestran las entidades que realizan la cohesión en el plano del contenido, «una colisión de ondas» (O.180), «los casos de colisión» (O. 181), «una onda» (O. 182) y «una cresta» (O. 183).

Sinclair (1993, 14) habla de una posibilidad de los anuncios que he encontrado en los textos analizados. Nos dice Sinclair que todo anuncio debe realizarse a continuación y si esto no es así, ese aplazamiento responde a razones especiales y se reflejará en la organización textual. En la práctica, es posible encontrar casos de anuncios aplazados como el que encontramos al final de este párrafo del texto «espectroscopía astrofísica con fibras ópticas».

Ejemplo 11 (anexo 11)

(94) En general, las propiedades exigidas a las fibras para su aplicación en astrofísica son diferentes de las requeridas en telecomunicaciones. (95) En aquéllas resulta muy importante reducir las pérdidas por observaciones internas en bandas espectrales relativamente estrechas mientras que en astrofísica, al emplearse fibras de menor longitud, la transmisión no es el parámetro más crítico. (96) Como veremos hay otros factores más relevantes. (97) Las empleadas en astrofísica son fibras de sílice, multimodo y con índice de refracción discontinuo, por razones que se verán más adelante.

En definitiva, el anuncio presenta la información que viene a continuación, pero al mismo tiempo ofrece la oportunidad de ir acompañado de encapsulamiento que recupera la información dada. Así, en el ejemplo que presento a continuación, la última oración del párrafo, la oración 65 señala un cambio en el texto. Se trata de anuncio mediante imperativo, «veamos», que constituye una llamada de atención al lector hacia esa explicación más detallada de la espectroscopía multiobjeto que constituye la información del párrafo siguiente. Este anuncio mediante imperativo aparece acompañado de dos señales que encapsulan la información dada previamente. El marcador «pero» y la circunstancia dependiente del imperativo, «con más detalle»:

Ejemplo 12 (anexo 11)

----- (65) PERO veamos CON MÁS DETALLE el interés y el fundamento de ESTE TIPO DE ESPECTROSCOPÍA, LLAMADA MULTIOBJETO. (66) Cuando trabajamos CON UN ESPECTRÓGRAFO CONVENCIONAL sólo podemos descomponer y analizar la luz de zonas unidimensionales o lineales. (67) ESTA LIMITACIÓN se debe a que una de las dos dimensiones del detector se utiliza como dirección espectral, sobre la cual se distribuyen las diferentes longitudes de onda, quedando, por tanto, una única dimensión para registrar información espacial. (68) EN CONSECUENCIA, UN ESPECTRÓGRAFO CONVENCIONAL no puede analizar simultáneamente toda la luz recibida en el plano focal del telescopio; (69) al ser ÉSTE bidimensional, nos vemos obligados a escoger un corte unidimensional del mismo, donde debemos colocar la rendija o entrada del ESPECTRÓGRAFO. (70) ESTA LIMITACIÓN restringe enormemente el número de objetos que pueden analizarse espectralmente de forma simultánea. (71) En la práctica LA OBSERVACIÓN ESPECTROSCÓPICA DE VARIOS OBJETOS CON UN

ESPECTRÓGRAFO CONVENCIONAL se realiza de forma secuencial, aun cuando todos los objetos estén en el plano focal del telescopio.

Este ejemplo nos permite mostrar cómo la cohesión integra el contenido en la intención. La cohesión se manifiesta en los dos niveles del texto, en el nivel del contenido, mediante el mantenimiento de la continuidad del tópico y en el nivel de la intención, mediante el encapsulamiento y el anuncio de ese contenido. Así, la oración 65 anuncia un nuevo tópico « la espectroscopía multiobjeto». La oración 66 presenta una entidad relacionada con ese tópico, «el espectrógrafo convencional». La oración siguiente encapsula la información dada en la 66 mediante la expresión nominal «esta limitación». Aunque el espectrógrafo tradicional no se mencionará de forma explícita, se seguirá hablando de él, ya que se cita uno de sus elementos «el detector». La oración 68 presentará la consecuencia de ese problema como señala la expresión «en consecuencia», pero ahora el espectrógrafo se menciona explícitamente, «un espectrógrafo convencional». La oración 69 continúa la explicación en el mismo sentido y, por ello, no hay ningún tipo de señalización y la relación se establece en el plano del contenido al recuperarse dos de las entidades mencionadas en la oración anterior, el telescopio, mediante el pronombre «éste» y el espectrógrafo mediante esta expresión. La oración 70 encapsula la información de la oración 69 mediante «esta limitación», la califica como problema y la convierte en entidad sujeto del proceso de la oración «restringe» (O. 70). Este proceso tiene como complemento «el número de objetos que pueden analizarse espectralmente». Este complemento se recuperará en la oración 71, «*la observación espectroscópica de varios objetos con un espectrógrafo convencional*» y de esta forma se retrocede a la oración 65, con cuyas entidades están relacionadas, «*este tipo de espectroscopía, llamada multiobjeto*» (O.65)

5.6. LA REALIZACIÓN LÉXICO-GRAMATICAL DE LA COHESIÓN

La cohesión crea en el texto relaciones semánticas, pero se establece

por medios léxico-gramaticales. Los procedimientos lingüísticos que crean la cohesión se clasifican aquí en cuanto a su función textual. Por una parte, están los mecanismos que permiten recuperar la información de la que se habla y por otra, los mecanismos que indican la intención del autor cuando proporciona tal información.

En el plano del contenido la cohesión mantiene la continuidad informativa, ya que establece las relaciones entre las entidades y los procesos de la realidad de los que se habla en el texto. Los mecanismos léxico-gramaticales que permiten la recuperación de esa entidad que previamente se ha presentado son la repetición de la misma expresión, la presencia de un hiperónimo, un sinónimo, un pronombre, un posesivo o su omisión. La entidad que se ha mencionado se recupera de forma implícita cuando en la oración siguiente aparece una entidad relacionada. Las entidades relacionadas guardan cierto parecido formal cuando se trata de palabras que tiene la misma raíz, pero en la mayoría de los casos la relación no se percibe a simple vista.

En el plano de la intención, los mecanismos se clasifican según su funcionamiento como encapsulamiento del texto previo o como anuncio que rompe la continuidad. Los mecanismos léxico-gramaticales que consiguen el encapsulamiento son la nominalización, los nombres, los adverbios, los pronombres encapsuladores y el encapsulamiento tácito. Los mecanismos que consiguen el anuncio son los nombres de referencia textual, las nominalizaciones de adjetivo u oraciones de relativo, las formas verbales que actúan como llamada de atención al lector, los adverbios oracionales y las preguntas.

El último de los mecanismos léxico-gramaticales que consiguen la cohesión del texto son los «conectores» o «marcadores». Estas expresiones son esenciales en el texto por su doble funcionamiento como anuncio y encapsulamiento.

5.7. TRES NOVEDADES DE ESTE ENFOQUE DE LA COHESIÓN

Este enfoque de la cohesión incorpora tres aspectos que no habían sido reconocidos como una categoría especial. Estos tres aspectos son la cohesión por entidad relacionada en el plano del contenido; el funcionamiento de los nombres de referencia textual en encapsulamiento y anuncio y la incorporación del «metadiscurso» como mecanismo de anuncio.

En el plano del contenido el modo más simple de conectar una oración con lo ya dicho es volver a mencionar una de las entidades de las que se ha hablado. Pero es importante citar otra posibilidad de recuperar lingüísticamente la entidad previamente mencionada. Se trata del fenómeno que Quirk et al. (1985, 268) denominan referencia anafórica indirecta y que comprende aquellos casos en los que esa entidad aludida está implícita. Estos autores nos dicen que, una vez introducido un tópico o entidad en el texto, se pueden presentar toda una serie de entidades o tópicos asociados. El ejemplo que estos autores (Quirk et al., 1985, 267) presentan resulta muy ilustrativo, aunque no enlaza oraciones, sino cláusulas:

John bought a bicycle, but when he rode it one of the wheels came off.

En este ejemplo, «*las ruedas*» se presentan como una entidad definida porque ya se ha mencionado «*la bicicleta*» y los conocimientos permiten reconocer la relación entre ambas entidades. Jordan (1982) denomina este tipo de expresiones que recuperan una entidad que no se ha mencionado expresamente «reintroducción asociada» del tópico. Este nuevo tópico suele ir acompañado por el artículo determinado, nos dice Jordan (1982, 13), ya que el escritor supone que el lector lo conoce, puesto que entre la nueva entidad y la anterior existe una relación de contigüidad. No obstante, Jordan nos dice que existen dos posibilidades de presentar

esa nueva entidad, «avisada» y «sin avisar»⁽³⁶²⁾. Esta distinción es interesante porque en los textos analizados encontramos también ambas posibilidades.

Recientemente este tipo de relación se ha abordado desde una perspectiva diferente, que ya había sido anticipada por Mederos (1988, 90-91). Se afirma que esta relación es en realidad una relación metonímica⁽³⁶³⁾. Entre los autores que nos lo dicen está Stirling (1996, 69). Para este autor, un grupo importante de las anáforas indirectas suponen relaciones metonímicas entre esa entidad anáforica y otra entidad mencionada anteriormente:

«The starting point for this paper is the observation that a substantial majority of "indirect" examples of anaphora in a corpus of naturally occurring discourse involve relations which would independently be categorised as "metonymical"».

Los tipos de relaciones metonímicas que Stirling⁽³⁶⁴⁾ menciona son los siguientes: la parte por el todo, es decir, la sinécdoque; el continente por el contenido; la localización por lo que allí está situado; la época por lo que en ese momento acontece; el material por el producto con él fabricado; la causa por lo que sucede; lo acontecido por la consecuencia y el atributo por la entidad que lo posee.

A pesar del interés de su aportación, el trabajo de Stirling plantea algunos problemas. En primer lugar, afirma que las relaciones genérico-específico no

(362) Jordan (1982) emplea los términos «*triggered*» y «*untriggered*». Sigue así la terminología de Hawkins (1978) quien empleaba el término «*trigger*» para referirse a la primera entidad mencionada que permitía la aparición de asociados. Mederos (1988, 90) traduce «*trigger*» por «disparador», pero reconoce que sería mejor seguir la sugerencia de Bosque (1980, 26,n4) y traducir la expresión como «activador».

(363) Esa relación metonímica que es evidente en el ejemplo de Quirk et al (1985). Martin (1992) en su estudio de la referencia textual incluye la presentación de entidades relacionadas como conocidas dentro del fenómeno denominado *relevance phoricity*.

(364) Stirling (1996, 77) toma estos tipos del capítulo dedicado a la metonimia de la Enciclopedia de Lengua y Lingüística publicado por la Editorial Pergamon y la Universidad de Edimburgo realizado por Geeraerts (1994).

constituyen casos de relación metonímica, pero no explica por qué y sólo nos dice que actúa así siguiendo a algunos autores⁽³⁶⁵⁾. En este sentido, en la cohesión del texto científico-técnico la contraposición genérico-específico establece una diferencia importante en la referencia que afecta al valor funcional de la oración. Además, como relación metonímica, la diferencia genérico-específico puede justificarse fácilmente como una variante de la relación metonímica de la parte por el todo, la especie por el género. En segundo lugar, la mayoría de los ejemplos de relaciones metonímicas que Stirling presenta son de un tipo que no se encuentra en los textos por mí analizados. Hay que tener en cuenta que Stirling para su estudio analiza conversaciones entre médicos y pacientes en la consulta y, por lo tanto, sus resultados⁽³⁶⁶⁾ corresponden a una variedad lingüística muy diferente a la que aquí interesa. De igual forma, los ejemplos que Stirling presenta para ilustrar las explicaciones teóricas⁽³⁶⁷⁾ están tomados de trabajos interesados en la metonimia «*per se*» y no se ajustan exactamente al funcionamiento de la relación metonímica como mecanismo de cohesión en el texto seguido. Incluso el ejemplo que presenta para ilustrar el funcionamiento de la relación metonímica es discutible (Stirling, 1996, 70):

*P: Ah, you know that I go to **Weight Watchers**.*

D. Oh yeah, yeah.

*P: **They** wanted me to go down to twelve stone - thirteen stone or something.*

Según Sterling, la relación entre «*Weight Watchers*» y «*they*» se basa en la relación metonímica que existe entre una organización o institución y las personas que trabajan en ella. En mi opinión, el hecho de que el nombre de la institución esté en plural podría hacernos pensar que ese sería el pronombre que el hablante considera adecuado para sustituir esa expresión.

(365) Véase Stirling (1996, 72).

(366) Véase Stirling (1996, 70).

(367) Estos ejemplos los mencionan también Brown y Yule (1983, 210-214) al tratar el problema de la referencia en el discurso.

Los casos de entidades unidas por relación metonímica hallados en los textos analizados aquí son de otro tipo. No se trata del uso de la metonimia como figura retórica, sino de la relación anafórica que se establece entre una entidad nueva que el escritor presenta como conocida porque se halla en relación de contigüidad con otra entidad o tópico mencionado antes. La metonimia como figura retórica supone que la expresión empleada no hace referencia a lo que su significado hace suponer sino a una entidad relacionada. La cohesión basada en relaciones metonímicas no funciona así. No se trata de intercambio de referencia, sino que entre las entidades de cada una de las oraciones así conectadas existe esa relación. Así, en estas dos oraciones a continuación, el lazo cohesivo existente se basa en una relación metonímica, ya que los interruptores y los circuitos son parte del ordenador:

Ejemplo 13 (anexo 5)

- (1) Investigators have long dreamed of building **an optical computer**.*
- (2) **ELECTRONIC SWITCHES AND CIRCUITS** would be replaced by a network of light through which individual impulses carry and process information.*

No obstante, es necesario comentar que se encuentran algunos ejemplos de metonimias en el caso de recuperación de una entidad mediante sinónimo.

La segunda novedad de este enfoque de la cohesión es adjudicar a los nombres que funcionan en encapsulamiento y anuncio la responsabilidad de integrar el plano del contenido en el plano interactivo. El encapsulamiento y el anuncio permiten la recuperación de la información dada o la presentación de la información nueva en el texto. El comportamiento textual especial de estos nombres ha sido reconocido por varios autores. Winter (1982) se refería a este tipo de nombres como vocabulario 3 y Hoey (1983) señalaba su importante función como marcadores de la

intención⁽³⁶⁸⁾. Francis (1986) se ocupa de ellos en particular y los denomina nombres anafóricos al descubrir y hacer hincapié en su funcionamiento como mecanismo de encapsulamiento textual. En parte, coinciden con el vocabulario general de Widdowson (1983, 92) y son también los nombres que Ivanic (1991) denomina «nombres portadores». Más tarde, Francis (1994) reconocerá que muchos se refieren a actos metalingüísticos y los denominará «nombres etiqueta», ya que determinan el valor del fragmento de texto en cuestión. Coinciden también con los nombres enumerativos y con los nombres de actos discursivos de Tadros (1994). Se trata pues de palabras que señalizan relaciones textuales y sobre todo que permiten recuperar información dada antes o anunciar la información que va a venir después⁽³⁶⁹⁾.

Sin embargo, ninguna de las denominaciones empleadas resulta adecuada. «Nombres anafóricos» (Francis, 1986) no es aceptable, ya que esa función no es exclusiva de estas palabras, ya que son muchos los nombres comunes que admiten un funcionamiento similar⁽³⁷⁰⁾. «Nombres etiqueta» (Francis, 1994) tampoco resulta adecuado, puesto que «etiquetas» son, en cierta medida, todas las palabras si pensamos que funcionan como una etiqueta de la entidad u objeto de la realidad al que hacen referencia. Por esta misma razón, tampoco resulta muy aclaratoria la denominación de «nombres portadores» (Ivanic, 1991).

En realidad, no se trata tanto de una clase de nombres como de un uso que con frecuencia presentan este tipo de nombres en el texto. La interpretación de tales nombres como nombres «anafóricos» o nombres «etiqueta» está condicionada por el determinante que los acompaña y el tipo de información que se haya dado

(368) En 1977, Winter había analizado el funcionamiento de este tipo de palabras que consideraba unidades de la «metaestructura». Citado en Hoey (1983, 23). Con posterioridad, Hoey (1993) estudiará de nuevo el funcionamiento textual de la palabra «razón».

(369) Francis (1994) estudia el funcionamiento en anuncios y encapsulamientos de estos nombre etiqueta y señala su valor metalingüístico.

(370) Esta es la razón por la que Conte (1996, 3) opina que la denominación de Francis de nombres anafóricos inadecuada. Green (1996, 48) incide en la idea de que muchos nombre generales admiten la posibilidad de usarse con referencia específica o genérica.

antes o se vaya a dar después. Es por esta razón que aquí me ocuparé de ellos a hablar de su función como encapsulamiento y su función como anuncio. Como se podrá ver, algunos de los nombres se usan sólo como encapsulamiento, otros como anuncio y otros como anuncio con encapsulamiento. Pero también es posible encontrar esos mismos términos usados en oraciones en las que no funcionan ni como encapsulamiento ni como anuncio. El hecho de que esa información a la que estos nombres aluden se reconozca como dada antes o pendiente de ser expresada después dependerá en gran parte no del nombre en sí, sino del determinante que los acompaña.

La tercera novedad de esta concepción de la cohesión textual es que permite integrar en la construcción del texto dos líneas de investigación existentes: el «metadiscurso» y la distinción «tema/rema». La cohesión en el plano de la intención coincide con el denominado «metadiscurso»⁽³⁷¹⁾, es decir, el lenguaje que se emplea para escribir o de nuestros pensamientos (Vande Kopple, 1985; Crismore y Farnsworth, 1990; Williams, 1990). Como veremos, los mecanismos de la cohesión que funcionan como anuncio coinciden con los procedimientos estudiados por el metadiscurso. Williams (1990, 125) incluye dentro del metadiscurso, las expresiones empleadas para señalar el énfasis y la atenuación, la secuencia, el tópico y el discurso referido. Vande Kopple (1985)⁽³⁷²⁾ incluye los conectores, los comentarios léxicos, los verbos y los nombres de actos de habla, el discurso referido, los marcadores de modalidad, la expresión de la evaluación y los comentarios sobre el proceso de comunicación. Estas categorías coinciden con las expresiones lingüísticas que funcionan como anuncio.

De igual forma, este enfoque de la cohesión permite integrar otra importante línea de investigación, los estudios sobre el «tema». El mismo Halliday

(371) Crismore et al. (1993, 40) coinciden en esta opinión y nos dice que está relacionado con las funciones interpersonal y textual de Halliday.

(372) Citado en Crismore y Farnsworth (1990, 123)

reconoce la función del tema como mecanismo de cohesión estructural y asigna la distinción «tema/rema» a la función textual.

El tema resulta ser la posición más idónea para establecer la relación de la nueva oración con la anterior, ya que la dirección de la lectura es de izquierda a derecha. La concepción de la cohesión aquí presentada permitirá explicar la presencia de esos tres tipos de inicio oracional, que los estudiosos de la noción de tema reconocen. En los textos se encuentran temas pertenecientes a las tres funciones de Halliday, ideacional, textual e interpersonal⁽³⁷³⁾. Desde el punto de vista de la cohesión, la forma más simple de iniciar una nueva oración es retomar una de las entidades previamente mencionadas. Se tratará entonces de un tema ideacional. Otra posibilidad es encapsular la información dada previamente y otra tercera posibilidad es anunciar el valor de lo que se dice a continuación. En este caso, el tema corresponderá a la función textual o interpersonal.

La relación entre la cohesión y el tema se hace especialmente evidente en el caso del anuncio, que ocupa posición temática. Entre los autores que han observado la relación entre el tema y el anuncio podemos mencionar a Mauranen (1993), quien señala dos funciones básicas del anuncio en el desarrollo lineal del discurso escrito. Por una parte, es el punto de arranque de la oración y por otra, establece la relación entre una oración y la que le precede. En concreto, Mauranen (1993, 102) nos dice que toda oración anuncia en cierta medida lo que el texto dirá a continuación y por ello, el tema de la oración siguiente debe marcar la pertinencia de esa oración con lo previamente anunciado. Mauranen (1993, 106) nos habla de la existencia de un tema orientador⁽³⁷⁴⁾ cuya presencia suele manifestarse cuando las dos oraciones no comparten una entidad común. Esta condición se comprueba en los textos aquí analizados, ya que el anuncio se produce cuando las oraciones no se

(373) En cuanto al «tema» en los artículos de investigación, véase Whittaker (1995).

(374) Rachel Whittaker (1995, 103) en su análisis del tema en los artículos académicos señala su función orientadora al establecer la conexión con lo dicho previamente y actuar como guía de lo que luego se va a decir.

relacionan por la existencia de una entidad común o por el encapsulamiento de la oración anterior. Pueden distinguirse dos tipos de funcionamiento de los anuncios. Los anuncios cuya función es simplemente introducir información nueva, por ejemplo una entidad nueva, y los anuncios que al mismo tiempo de incorporar el contenido nuevo le asignan una intención diferente a la de la oración anterior.

Por esta función de señal del anuncio, frente a estudios anteriores como el de Tadros (1994) que lo clasifican desde un punto de vista semántico, sigo aquí un criterio formal. En primer lugar, mi deseo es mantener un criterio homogéneo para todos los mecanismos. En segundo lugar, la función básica que desempeña el anuncio es actuar como señal de ruptura con la información dada hasta ahora. Esta función es anterior al proceso de interpretación de esa información. La interpretación del valor semántico de esas expresiones corresponde a la etapa inmediatamente posterior, cuando se lee la oración completa y se interpreta su valor en función de lo dicho antes y entonces se reconoce su valor en el nivel de la intención. En tercer lugar, esta clasificación formal del anuncio coincide con los mecanismos que se han señalado para el metadiscurso.

5.8. LA COHESIÓN Y LA DISTINCIÓN TEMA/REMA

He comentado ya la importancia del «tema» de cara a la cohesión en especial en la realización del anuncio. Pero la distinción tema/rema presenta otra función esencial en el establecimiento de la cohesión oracional. Si la cohesión oracional se crea porque en toda oración existe una expresión que recupera información dada anteriormente, será interesante observar la posición que está ocupa en la cláusula. Confirmará así este estudio que tema y rema e información dada y nueva son dos nociones diferentes, aunque por supuesto estén muy relacionadas y se observe además cierta predisposición a que la información dada ocupe posición inicial. Así, en el siguiente fragmento, las expresiones en mayúsculas al comienzo de cada oración son las que crean la cohesión:

Ejemplo 14 (anexo 7)

(80) ESTE FENÓMENO es esencial para la construcción de detectores de radiación electromagnética en la región de los infrarrojos.

(81) LOS DETECTORES ÓPTICOS han constituido un área de investigación privilegiada ya desde la época de Langmuir. (82) UN DETECTOR EFICIENTE DE RADIACIÓN INFRARROJA es el corazón de cualquier sistema de visión nocturna, de detección de tumores o de astronomía infrarroja.

Y en este otro fragmento recuperan además la información dada en el rema de la oración anterior:

Ejemplo 15 (anexo 2)

*(12) Other properties stem from clusters' unfilled electronic bonding capability, which leaves them "naked" and **hence extremely reactive.***

*(13) THIS REACTIVITY makes them effective tools for the study of the solid state and, potentially, for such industrial processes as the growing of crystals, selective chemical catalysis and **the creation of entirely new materials with made-to-order electronic, magnetic and optical properties.** (14) SUCH MATERIALS, in turn, could enhance the performance of products as diverse as lasers, photographic films, electrosensitive phosphors, magnetic disks and supercomputers».*

El predominio de la posición temática para la realización de la cohesión es evidente, como se verá en la mayoría de los ejemplos citados y en la señalización de la cohesión de los textos analizados que se incluyen en los apéndices. Pero «tema» e información dada y «rema» e información nueva no tienen por qué coincidir siempre. Por ejemplo, en el fragmento siguiente la expresión de la oración 3, «esta atávica curiosidad», que encapsula la información dada en la oración 2, ocupa posición remática en su cláusula.

Ejemplo 16 (anexo 7)

*(1) El ser humano se ha sentido siempre fascinado por la superficie de las cosas. (2) Es fácil rastrear **en los antiguos testimonios de primitivos científicos, como los adivinos sumerios o los alquimis-***

tas medievales, su preocupación por entender el papel de las superficies en el comportamiento cotidiano de las cosas. (3) *En el museo británico de Londres se guarda lo que probablemente constituye la prueba escrita más antigua de ESTA ATÁVICA CURIOSIDAD: una tablilla de la época de Hammurabi, en la que se encuentra, grabada en escritura cuneiforme, una descripción detallada de las formas cambiantes de la interfase entre aceite y agua que los adivinos sumerios utilizaban para predecir el curso futuro de campañas guerreras u operaciones comerciales.*

Dada la preferencia que se descubre en los textos por presentar la información dada en posición temática, podemos afirmar que la contribución del tema a la creación de la cohesión y la coherencia será fundamental⁽³⁷⁵⁾. Sin embargo, no lo consideraré un mecanismo de cohesión⁽³⁷⁶⁾, sino que en mi opinión, los mecanismos de cohesión textual tienden a estar en posición temática, ya que son señales para el lector y su función se percibe al inicio de la oración. Así, sucede en concreto con el anuncio.

Pero existe otra razón importante para relacionar la cohesión y la distinción tema/remata. De cara a la construcción del texto, esta distinción permite descubrir otro movimiento interesante de la secuencia textual. En los textos analizados pueden observarse dos tendencias en la recuperación de la información. Los mecanismos de cohesión que recuperan la información dada pueden recuperar información que ocupa posición temática o remática. En unos casos la información que se recupera como dada constituía, en la oración anterior, información nueva como hemos visto en el ejemplo anterior, mientras que en otros casos, la información que se recupera constituía también información dada en la oración anterior.

(375) En este sentido Vande Kopple (1991, 332) afirma: «*In this light, the progression of the various kinds of themes in a text must be closely related to the coherence or incoherence of a text*».

(376) Disiento, por tanto, de autores como Kurzon (1988, 160) que declara «*If the theme, the initial element in the sentence, serves as a link in a text, we may add it to the inventory of devices that contribute to the cohesion of a text such as, following Halliday and Hasan's study (1976), lexical repetition, substitution and ellipsis*».

El siguiente ejemplo que presenta la introducción y el primer párrafo del texto «*Microclusters*» muestra cómo el título se recupera en el sujeto de las dos primeras oraciones, en la 0.1 mediante paráfrasis con hiperónimo y en la 0.2 mediante el posesivo:

Ejemplo 17 (anexo 2)

Microclusters

(0.1) SMALL AGGREGATES OF ATOMS constitute a distinct phase of matter. (0.2) THEIR chemistry, at once highly reactive and selective, has possible applications in catalysis, optics and electronics.

Sin embargo, entre ambas oraciones existe una diferencia. La primera oración recupera lo que antes constituía información nueva, el título y la segunda, en cambio, recupera lo que en la oración anterior constituía información ya dada.

La posición que ocupa la información dada adquirirá relieve especial en la realización de determinados mecanismos de cohesión. Así, en el caso de la recuperación de una entidad mediante pronombre, observamos que en inglés la tendencia general es que la entidad a la que se refiere un pronombre sujeto ocupe en la cláusula anterior preferentemente posición temática, mientras que en español suele ser una entidad situada en el rema. A continuación, presento dos ejemplos del inglés y uno de un texto español que ejemplifican esta tendencia. En los dos primeros ejemplos, el pronombre recupera, en un caso, la entidad situada en el rema de la oración anterior y, en el segundo caso, el sujeto situado en el tema.

Ejemplo 18 (anexo 2)

*(1) Divide and subdivide a solid and the traits of its solidity fade away one by one, like the features of the Cheshire cat, to be replaced by **characteristics that are not those of liquids or gases**. (2) **THEY** belong instead to a new phase of matter, the microcluster. (3) **Microclusters** consist of tiny aggregates comprising from two to several hundred atoms. (4) **THEY** pose questions that lie at the heart*

of solid-state physics and chemistry and the related field of materials science.

En el ejemplo del español el pronombre recupera la entidad mencionada al final de la oración anterior:

Ejemplo 19 (anexo 9)

*(16) Una forma versátil de preparar muestras de microagregados es por condensación de un vapor metálico sobre **un sustrato**; (17) ÉSTE puede ser un óxido metálico, o bien un cristal de cloruro de sodio.*

5.9. CONTRIBUCIÓN DE LA COHESIÓN A LA COHERENCIA

La explicación de la cohesión y la coherencia textuales que presento aquí concibe el texto como la integración de dos planos: el plano del contenido y el plano interactivo. Ambos planos resultan esenciales a la hora de estudiar la contribución de la cohesión a la coherencia, ya que ésta exigirá la relación de las oraciones en uno y otro plano. Desde mi punto de vista, de cara a la explicación de la cohesión y la coherencia, la clave está en la integración de estos dos planos.

La cohesión en el plano del contenido consigue la continuidad informativa y de esta forma el lector percibe la coherencia del contenido. La cohesión en el plano de la intención permite la percepción del razonamiento del autor y por ello contribuirá a la coherencia, ya que avisa al lector del valor de la oración en cuestión. Un texto será coherente cuando cada elemento desempeñe una función esencial para la consecución de ese objetivo final del emisor. Pero es necesario que exista una coincidencia de pareceres en ese sentido entre escritor y lector en cuanto al valor de la información.

La cohesión son los mecanismos que permiten al escritor crear la unidad textual. Los mecanismos de cohesión son, pues, las llaves que activan los conocimientos del oyente y de esta forma permiten descubrir la coherencia⁽³⁷⁷⁾. Gracias a la cohesión, el destinatario de la comunicación percibe los puntos de contacto existentes entre las diferentes partes del texto que le permiten interpretarlo correctamente. La correcta utilización de los mecanismos de cohesión facilitará la interpretación de la coherencia del texto por parte del lector. Pero la coherencia es una noción subjetiva. Un lector interpretará un texto como incoherente siempre que perciba en el texto una ruptura de la cohesión.

No es, pues, la cohesión la responsable en exclusiva de la coherencia textual. El proceso de interpretación del texto depende de los conocimientos del lector. Es posible que un lector con los conocimientos adecuados subsane problemas de cohesión existentes en el texto o, por el contrario, que un lector que no active los conocimientos necesarios no halle la coherencia de fragmentos que sí tienen cohesión. Sucede, además, que las diferentes posibilidades que presenta la realización lingüística de la cohesión no son siempre igual de evidentes para todos los lectores y, por ello, la percepción de la coherencia dependerá de cada lector particular.

Por esta razón, no se puede responsabilizar exclusivamente a la cohesión de la facilidad o dificultad de interpretación de un texto; por supuesto, la buena cohesión del texto contribuirá a la coherencia y a la facilidad de su interpretación por un número mayor de lectores, pero es necesario matizar esa condición de buena cohesión. La cohesión del texto se manifiesta en los dos planos ya mencionados, la continuidad informativa y la construcción del razonamiento del autor.

En cuanto a la continuidad informativa, la clave está en la pregunta que Gundel et al. (1993) plantean:

(377) Recuérdese De Beaugrande y Dressler (1981, 84).

«The question is then: what do speakers/writers know that enables them to choose an appropriate form to refer to a particular object and what do hearers/readers know that enables them to identify correctly the intended referent of a particular form?».

Lo importante es descubrir cómo se refiere el autor a la entidad o la idea que acaba de anunciar⁽³⁷⁸⁾, que además se convierte así en tópico discursivo⁽³⁷⁹⁾. La cohesión permite el seguimiento de la entidad de la que se habla. Es importante mencionar que la expresión lingüística interesa porque permite recuperar esa entidad de la que se habla. La existencia de una entidad común que mantiene la continuidad de las oraciones del texto puede observarse claramente en los dos párrafos siguientes del texto «Células solares muy eficientes»:

Ejemplo 20 (anexo 12)

(161) En particular hay que hacer mención de LA RECOMBINACIÓN AUGER, que es inevitable en los semiconductores de banda prohibida indirecta. (162) IMPORTA también en los de banda prohibida directa como el AsGa, pero en estos casos es susceptible de reducción. (163) LA RECOMBINACIÓN AUGER consiste en la caída de un electrón en la banda de valencia -si allí encuentra un hueco-cediendo su energía a otro electrón o a otro hueco que anduviera cerca. (164) ESTE PROCESO pone en juego tres partículas, y la probabilidad de que ocurra es proporcional a pn^2 o a np^2 ; (165) Es decir, sólo COBRA importancia cuando los electrones o los huecos son respectivamente muy abundantes. (166) ESTO ocurre en las regiones N^+ o en las P^+ , y también en otras regiones menos dopadas cuando, debido a la fuerte iluminación, hay muchos electrones y huecos fotogenerados. (167) Para células que no trabajan en concentración, donde no se cumple LA CONDICIÓN MENCIONADA, existe un dopaje óptimo de base (aunque su origen está sujeto a controversia) que determina cuándo ESTA RECOMBINACIÓN es más favorable: (168) SE HALLA en torno a los 10^{17} átomos donadores o aceptadores por centímetro cúbico. (169) EN VIRTUD DE ELLO, el volumen de las regiones fuertemente dopadas de los emisores, con dopajes en el rango de 10^{18} - 10^{20} átomos

(378) Véase Emmot (1992, 222): «If we regard referents ... as existing in the mind in the form of mental representations, then both pronouns and nouns refer ultimately to these representations, unlocking the information within these stores and giving the pronouns and nouns real meaning».

(379) Véase Sinclair (1993, 14).

dopantes por centímetro cúbico deben reducirse al máximo. (170) PERO no es ÉSTE el único mecanismo de recombinación. (171) EL MÁS COMÚN es el descrito en 1952 por Shockley, Read y Hall, que establece que ciertas impurezas o imperfecciones en el semiconductor actúan como trampas o centros de recombinación. (172) En una región N los electrones llegan a LAS TRAMPAS, son capturados y les ceden su energía en forma de vibración (que luego se convierte en calor). (173) ESTAS TRAMPAS quedan activadas y, cuando un hueco aparece cercano, depositan allí el electrón retenido, cediendo la nueva energía del proceso en forma de vibración. (174) LA TRAMPA queda desactivada. (175) Pero SE VUELVE A ACTIVAR de inmediato. (176) La probabilidad de que ESTA RECOMBINACIÓN se produzca es proporcional, simplemente, a la densidad de huecos p.

En el primer párrafo del fragmento, la entidad que funciona como lazo de unión es «la recombinación Auger», que se recupera con esa expresión en la oración 163, con la expresión abreviada «esta recombinación» (O. 167), mediante hiperónimo, «este proceso» (O. 164), y mediante omisión en la 162 y en la 165. En las oraciones 166 y 169 tampoco se menciona porque los encapsulamientos mediante pronombre la hacen desaparecer: «esto» (O. 166) y «en virtud de ello» (O. 169).

El párrafo segundo comenzará con la recuperación de «la combinación Auger» mediante pronombre (O. 170) para presentar el otro mecanismo de recombinación que será el tópico del segundo párrafo, «las trampas». Este tipo de recombinación se recuperará gracias al adjetivo en grado superlativo de la oración 171 que a su vez presenta la nueva denominación, «trampas o centros de recombinación» y así en la oración 172 encontramos «las trampas», en la 173, «estas trampas» en la 174, «la trampa», en la 175, omisión y en la 176, la expresión equivalente «esta recombinación».

Como la cohesión es el medio de recuperar la información dada para añadir la nueva, la percepción clara de la cantidad de información dada que se recupera en cada caso será clave para el descubrimiento de la coherencia. Si se trata de una entidad, es esencial la percepción inmediata de la entidad que se vuelve a mencionar. El seguimiento de la entidad que se acaba de mencionar no plantea

problemas como hemos visto, a excepción quizá del uso de hiperónimo o de sinónimo. En este caso, es importante comentar que el autor puede indicar que la referencia de ese hiperónimo o sinónimo es la entidad anteriormente mencionada mediante el determinante. La presencia del demostrativo nos indica que la referencia de esa entidad es la misma que la de la entidad anteriormente mencionada.

Para el lector profano, plantean problema a la hora de percibir la coherencia las oraciones que se enlazan mediante entidades relacionadas. Se trata de entidades entre las que existe una relación metonímica. Este problema ha sido estudiado por varios autores. Brown y Yule (1983, 256) denominan el procedimiento que se emplea para reconocer la relación entre las dos entidades «el eslabón perdido» y lo explican con el conocido ejemplo de la cerveza de Haviland y Clark (1978, 313):

- «a. Mary got some supplies out of the car.*
- b. The beer was warm».*

Prince (1981) se refiere a este tipo de entidades como *inferable* y nos dice que su reconocimiento se relaciona con la teoría de los marcos o los esquemas de Sanford y Garrod. Según estos autores el reconocimiento de la relación entre las entidades mencionadas no supone siempre la misma dificultad. Si el eslabón perdido forma parte del esquema de conocimientos activado por el texto, su reconocimiento no plantea ningún esfuerzo. En este sentido, Brown y Yule (1983, 262) comentan la existencia de dos tipos de conexiones, las conexiones automáticas y las elaboradas en función del grado de relación semántica que existe entre los dos términos.

Para el lector profano, la introducción de entidades nuevas sin avisar por ser conocidas supone uno de los principales problemas de interpretación como sucede con la entidad presentada en la oración 87, «*d bonding*», que incluso podría parecer una errata, ya que es la primera vez que se menciona en el texto y previamente se ha mencionado «*p bonding*» (O. 86):

Ejemplo 21 (anexo 2)

(81) Bonds seem to be more localized in CLUSTERS OF MAIN-GROUP METALS such as lead and antimony. (82) HERE the outermost electrons occupy the p orbitals, which are spatially more constricted. (83) Only P ELECTRONS participate in bonding, which gives the bonds more of a local character than is the case for the alkali and coinage metals. (84) THESE MAIN-GROUP METALS tend to be less reactive, which explains why they sometimes form naked clusters when dissolved in liquids, as exemplified by Zintl ions. (85) ZINTL IONS are particularly stable because their electron shells are closed; (86) THUS, it is shown that p bonding dominates THESE ELECTRONIC SYSTEMS both in the gas phase and in the condensed phase. (87) It is ALSO believed that D BONDING is involved in transition metals such as iron, cromium and nickel, but these metals are harder to model.

Pero, en realidad, «*d bonding*» es una entidad relacionada con «*p bonding*» (O. 86), que se menciona en una oración que presenta otra posible conclusión. La presencia de «*also*» (O. 87) señala la relación de este proceso mental, «*believe*», con el proceso de la oración anterior, «*it is shown*» (O. 86). La oración 87 que se inicia con la expresión «*it is also believed*» (O. 87) depende también de «*thus*».

Otra de las causa posibles de problemas de coherencia es la interpretación del alcance del encapsulamiento. Francis (1994) reconocía ya que, de cara a la percepción de la coherencia textual, el empleo de los nombres encapsuladores exige un mayor esfuerzo por parte del lector, ya que el encapsulamiento retoma un fragmento de texto que el lector debe recordar. Si se produce encapsulamiento, es fundamental que su alcance se perciba claramente. El hecho de que la información encapsulada pueda alcanzar dimensiones muy diversas es especialmente problemático en el caso del encapsulamiento implícito.

Uno de los principales problemas de coherencia es la asignación de la referencia en el caso del encapsulamiento que abarca varias oraciones o que retrocede a información previa a la oración inmediatamente anterior. Otro posible problema de coherencia es el caso contrario del anuncio que tarda en realizarse o del que el autor parece olvidarse.

En el caso de encapsulamiento cuando la información a la que se refiere se encuentra en la oración anterior no se plantean excesivos problemas de comprensión, aunque la referencia esté poco clara como en el caso de la expresión «estos complejos procesos» del fragmento siguiente:

Ejemplo 22 (anexo 7)

(60) La razón fundamental del florecimiento de la física de superficies reside en su utilidad práctica en algunos campos tecnológicos de primerísima importancia económica como la microelectrónica, la catálisis, los tratamientos superficiales por implantación iónica o láser y la ingeniería atómica de materiales que permite la fabricación de materiales artificiales con propiedades ajustadas a nuestros deseos. (61) Para avanzar en nuestro conocimiento de ESTOS COMPLEJOS PROCESOS, conviene comenzar con una superficie ideal y depositar sobre ella de un modo controlado las impurezas o átomos cuyo papel se desee determinar.

Sin embargo, cuando existen varias posibilidades o la información no es la inmediatamente anterior se plantean problemas más importantes como sucede con la expresión «these advanced techniques» de la oración 103:

Ejemplo 23 (anexo 5)

*(99) Once the wafers have been grown, **conventional techniques** for transferring patterns are used to carve the wafers into individual microlasers. (100) An etch mask, consisting of a two-dimensional array of disks of etch-resistant material, is deposited on the wafer surface by **vapor deposition and photolithography, a printing process that uses plates made according to a photographic image.** (101) Then, **in a novel etching step**, a collimated beam of xenon atoms, guided by the deposited mask, vertically etches out each Coke can-shaped microlaser. (102) The resulting sidewalls are smooth, and the surface damage is minimal. (103) Our group at Bellcore has used **these advanced techniques** to make arrays of microlasers in which a few layers of one of the mirrors were deliberately varied in thickness. (104) Consequently, the wavelength of each laser differs slightly from that of its neighbor -by an evenly spaced amount. (105) Such arrays could have a major impact in the field of fiber-optic communications, where it is desirable to send multiple signals, each at a unique wavelength, down a single fiber.*

La oración 103 en la que aparece la expresión inicia el párrafo y por tanto, lo normal es pensar que recupera la información dada en la última oración del párrafo anterior. Pero esto no es así. Tampoco está en la oración inicial del párrafo anterior. Las técnicas a las que se refiere la expresión «*these advanced techniques*» (O. 103) se localizan en la oración 101, donde si encontramos la mención de una técnica «*in a novel etching step*». Pero como la expresión anafórica de la oración 103 está en plural, debemos seguir buscando. Retrocedemos a la oración 100 y encontramos dos técnicas «*vapor deposition*» and «*photolithography*». Nuestra búsqueda parece haber terminado. Pero existe un pequeño problema. En la oración anterior estas técnicas se habían anunciado mediante la expresión «*conventional techniques*». Existe, por tanto, una pequeña contradicción, ya que las técnicas mencionadas en la oración 103 se calificaban como «*advanced*». En realidad, las técnicas a las que se alude aquí son las utilizadas para fabricar microláseres en los que algunas capas de uno de los espejos son de grosores diferentes. En cambio, las técnicas mencionadas en la oración 100, que se han descrito como «*conventional techniques*» (O. 99), son las utilizadas para grabar las obleas.

En este caso, el problema de la ambigüedad de la interpretación se debe a que en el texto se está mencionando desde hace tiempo una técnica en particular como puede observarse en los tres párrafos que preceden al fragmento antes citado:

Ejemplo 24 (anexo 5)

(86) Just as important as the ability of **molecular-beam epitaxy** to form an entire microlaser in one step is the precision with which it can form the thickness of each layer. (87) Careful control of layer thickness is particularly important in fabricating the mirrors. (88) **The technique for achieving the necessary control** is based on the fact that an individual atomic layer becomes progressively rougher as it grows, until about half of it is in place. (89) Then the layer begins to become progressively smoother until, when it is completely in place, it is atomically smooth.

(90) One can determine how smooth a surface is by bouncing a beam of high-energy electrons off it: (91) the smoother the surface, the more

easily the electrons are reflected and detected on a screen on the other side. (92) Hence, the intensity of the reflected beam oscillates in time as successive layers are grown. (93) Accurate measurement of the frequency of the oscillation can precisely determine the time to deposit a single layer of atoms. (94) The resulting exact knowledge of the deposition rate can then be used to strictly control the layer's thickness. (95) Timing of the mechanical shutters with a computer provides precise regulation.

*(96) Another advantage of **molecular-beam epitaxy** is that it enables one to modulate the electrical conductivity and reflectivity of the mirrors. (97) The electric current for pumping the diode must pass through the mirrors, but unfortunately, the current does not flow easily in this instance. (98) The electrical and optical properties cannot be optimized simultaneously, and so microlasers must be designed to accommodate the two competing demands as best as possible.*

Esa técnica que se menciona varias veces es la epitaxia de haz molecular que en la oración 103 se menciona porque es esencial para la fabricación de los espejos. Pero antes, aparece en la primera oración de dos párrafos distintos, la oración 96 y la 86.

La contribución de la cohesión a la coherencia parece evidente gracias al concepto de «señalización» y de metadiscurso. Mediante la señalización y el metadiscurso, el autor del texto tiene la oportunidad de conducir adecuadamente la interpretación del lector. Como observamos en el ejemplo siguiente en el que el autor señala mediante los adjetivos «primera» (O. 117) y «segunda» (O. 118) la referencia exacta de las condiciones que menciona:

Ejemplo 25 (anexo 7)

*(114) Un elegante experimento diseñado y realizado por José Enrique Ortega, del LASUAM, en colaboración con Clemens Laubschat, Mario Priestch y Gunter Kaindl, del centro de radiación de sincrotrón BESSY en Berlín, ha arrojado luz sobre la cuestión debatida. (115) **Para evitar la formación de defectos, era preciso asegurarse de que la adsorción del metal no dañaba la red del semiconductor;** (116) **para comprobar el papel de la metalicidad, se requería una capa depositada cuyo carácter metálico pudiera encenderse y apagarse a voluntad.** (117) LA PRIMERA CONDICIÓN se conseguía evaporan-*

do cesio a baja temperatura sobre arseniuro de galio; (118) LA SEGUNDA, adsorbiendo oxígeno sobre la capa metálica, lo que producía óxidos de cesio de carácter aislante.

Un aspecto importante de la contribución del metadiscurso a la coherencia recaerá sobre el uso de conectores o marcadores. Los conectores actúan como integradores del contenido en la intención, ya que toman la información dada y la valoran con respecto a la intención de lo que a continuación se dice. Así es como contribuyen a la coherencia del texto al señalar la intención con la que el autor presenta un enunciado determinado. Por ello, los conectores enlazan entre sí las oraciones según la argumentación del escritor y su función es metadiscursiva. Los conectores responden pues a la intención del escritor de dirigirse al lector y manifestar claramente su intención, pero su presencia no crea esa intención, simplemente la señalan. Esa intención persiste, aunque el conector esté ausente. Por eso, un texto no será más coherente por presentar conectores. Incluso su presencia puede hacerlo menos coherente si están utilizados incorrectamente, bien porque el conector señale una relación que no existe entre las oraciones o bien porque su presencia sea innecesaria. Cuando dos oraciones tienen el mismo valor en cuanto a la intención no se debe emplear ninguna señalización entre ellas. La señalización de la relación existente entre una oración y la anterior conviene explicitarla sólo cuando el valor de esa oración difiere del valor de la oración anterior.

En este sentido, la presencia de comentarios metadiscursivos no es una garantía de la coherencia del texto. Existe la creencia de que la utilización del denominado «metadiscurso» contribuye a la interpretación coherente del texto. De igual forma, muchos autores han adjudicado a la cohesión ese mismo papel y, por ello, se ha empleado como medida de la bondad o calidad de un texto⁽³⁸⁰⁾. Pero

(380) Algunas de las críticas que han recibido Halliday y Hasan se deben precisamente a esta circunstancia. Gibson (1993, 181) menciona los trabajos de Witte y Faigley (1981), Pritchard (1980) y Mosenthal y Tierney (1984) en los que estos autores concluyen que la existencia o no de mecanismos de cohesión no influye en la calidad final de un texto. El mismo Gibson reconoce que esta crítica no está totalmente justificada, ya que Halliday y Hasan (1976, 328) afirman que el análisis de la cohesión no supone una valoración de la calidad del texto.

un exceso de señalización en el plano de la intención puede contribuir a una menor coherencia del texto. En los textos españoles analizados existe un predominio del encapsulamiento y del anuncio. Pero el efecto que consiguen es muchas veces el contrario al esperado, ya que la información aparece cubierta por un envoltorio de palabras que en vez de facilitar la interpretación del texto la dificultan.

Ese predominio del encapsulamiento y del anuncio en español es evidente en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 26 (anexo 11)

*(229) **Esta cuestión** podría parecer más filosófica que científica, pero la cosmología se plantea **preguntas similares muy a menudo**. (230) **Baste como botón de muestra lo siguiente**: (231) **el hecho de que** nuestro universo sea bastante homogéneo e isótropo en la actualidad sólo parece poder explicarse con la suposición de condiciones iniciales muy especiales -y que forman una parte despreciable dentro del conjunto de todas las posibles condiciones iniciales-, lo cual ha llevado al estudio de modelos inflacionarios, **por ejemplo**. (232) **De la misma forma podríamos preguntarnos el porqué de** la elección del universo de condiciones iniciales especiales -o, al menos, en pie de igualdad con otras- tales como la gran explosión. (233) No sé si **la respuesta a esta cuestión** está a nuestro alcance hoy en día, pero al menos deberíamos ser lo suficiente honestos como para planteárnosla.*

En este párrafo se aprecian los siguientes casos de encapsulamiento y anuncio: encapsulamiento mediante nombre, «esta cuestión» (O. 229), encapsulamiento tácito, «baste como botón de muestra» (O. 230), anuncio mediante adjetivo sustantivado, «lo siguiente» (O. 230), anuncio interno mediante nombre, «el hecho de que» (O. 231), anuncio mediante conector, «por ejemplo» (O. 231), anuncio con encapsulamiento mediante «de la misma forma» (O.232) y en esa misma oración, otros dos anuncios, mediante verbo de decir «podríamos preguntarnos» y mediante nombre «el porqué» y por último un anuncio mediante nombre con encapsulamiento en el complemento del nombre «la respuesta a esta cuestión» (O. 233).

5.10. LA EXISTENCIA DEL FENÓMENO DEL «ECO VERBAL»

Antes de terminar la presentación del enfoque de la cohesión, es necesario mencionar la presencia en la realización textual tanto en inglés como en español de un fenómeno que ya mencionaba Sinclair (1993, 15-16). Se trata de lo que él denomina «eco verbal». Este fenómeno es en realidad la «tendencia a la repetición». Esta tendencia a la repetición se manifiesta de dos formas en los textos. Por una parte, es responsable de la repetición de expresiones que, como tales repeticiones, no tienen una función cohesiva inmediata. Parecen responder a la presencia en la mente del escritor de esa expresión que acaba de usar. Como en el fragmento siguiente en el que el autor emplea el marcador «de hecho» en dos oraciones seguidas:

Ejemplo 27 (anexo 7)

(120) El carácter metálico de la capa depositada sobre la superficie semiconductora perfecta era, DE HECHO, la condición básica requerida. (121) La mayoría de los semiconductores usados en la tecnología moderna son, DE HECHO, monocristales, razón por la cual la aplicación directa de los descubrimientos de física básica de superficies resulta casi inmediata.

O en este otro ejemplo del inglés, en el que dos párrafos diferentes, el párrafo 22 y el 26 se inician casi con la misma expresión:

Ejemplo 28 (anexo 4)

*(75) **The behavior of the adaptive retina is remarkably similar to that of biological systems.***
*(92) **The behavior of the artificial retina demonstrates the remarkable power of the analog computing paradigm embodied in neural circuits.**(4)*

Esa repetición de determinadas formas textuales es evidente en otro fragmento del mismo texto:

Ejemplo 29 (anexo 4)

*(109) the context for a neural signal **may be** the local average light intensity - as it is when a photoreceptor signal is balanced against the signal from the horizontal cell network at a triad synapse. (110) Or it **may be** the previous behavior of a neural circuit itself, as in the long-term adaptation of a photoreceptor to changing light levels. (111) **The context of a signal may also be** some more complex collection of neural patterns, including those that constitute learning.*

Pero en los textos analizados es posible percibir otra manifestación del eco verbal. Se trata de la existencia de tendencias preferidas por parte de un autor. Estas tendencias se manifiestan en la utilización, en mayor o menor medida, de un mecanismo y suelen atribuirse al estilo del autor.

VI. LAS RELACIONES ORACIONALES EN EL PLANO DEL CONTENIDO

La cohesión en el plano del contenido afecta a todas las oraciones del texto, ya que todas ellas deben presentar información común. Con independencia de la existencia de encapsulamiento o anuncio, toda oración se relaciona con la anterior por la presencia de una entidad común. Pero no es necesario que esa entidad común haya sido mencionada explícitamente.

Las diferentes formas que emplea el escritor para referirse a lo largo del texto a las entidades que ha mencionado previamente son las siguientes: a) la repetición de la misma forma léxica, b) la utilización⁽³⁸¹⁾ de un sinónimo o c) un hiperónimo, d) la utilización de un pronombre, e) de un adjetivo posesivo y e) la omisión. Estas diferentes posibilidades y su realización en los textos analizados constituirán el tema de este capítulo.

6.1. ENTIDAD COINCIDENTE: RECUPERACIÓN MEDIANTE LA MISMA EXPRESIÓN

El modo más simple de referirse de nuevo a una entidad mencionada previamente es emplear la misma expresión. Este mecanismo se ha denominado por algunos autores repetición o reiteración. Sin embargo, esta denominación ha llevado

(381) Aunque la mayoría de los autores hablan de sustitución, no me gusta emplear tal expresión ya que no considero que la nueva expresión sustituya como tal a la antigua, sino que se trata de otra forma de referirse a esa misma entidad.

a conclusiones erróneas⁽³⁸²⁾, ya que como mecanismo de cohesión no interesa la repetición de la misma palabra, sino la recuperación de la entidad anteriormente mencionada empleando esa misma expresión. Así, en el siguiente fragmento, la cohesión entre las oraciones 14, 15, 16 y 17 la establece la mención repetida de la entidad, «clusters» mediante la misma expresión lingüística.

Ejemplo 30 (anexo 2)

*(15) The potential importance of **clusters** was recognized long before they could be prepared in the laboratory. (16) Perhaps the earliest reference to CLUSTERS was made in 1661 by the English chemist Roberto Boyle, in his Sceptical Chymist, which speaks of «minute masses or clusters [that] were not easily dissipable into such particles as composed them». (17) Because of their microscopic size and extreme chemical reactivity, CLUSTERS could not be investigated with the techniques of traditional surface chemistry or even synthesized in the laboratory, until the 1950's.*

El procedimiento es habitual también en español. Así, en el fragmento siguiente, la entidad presentada en la oración 47, «una sábana» se recupera mediante la misma expresión, «la sábana» en las oraciones 48, 49 y 51 y tan sólo no se repite en la 50 en la que su presencia está señalada por el demostrativo:

Ejemplo 31 (anexo 10)

*(47) Imaginemos, por ejemplo, que el espacio es **una sábana** que tenemos extendida y estirada en el aire. (48) Si lanzamos una canica, ésta se moverá por LA SÁBANA según una línea recta. (49) Pongamos ahora un cuerpo pesado en el centro de LA SÁBANA. (50) ESTA se curva -¡su geometría cambia! y la canica describirá ahora trayectorias*

(382) Recordemos otra vez aquí la cita que Brown y Yule (1983, 197) toman de Enkvist (1978,110) como ejemplo de la existencia de cohesión pero no de coherencia:

«I bought a Ford. A car in which President Wilson rode down the Champs Elysées was black. Black English has been widely discussed. The discussion between the presidents ended last week. A week has seven days. Every day I feed my cat. Cats have four legs. The cat is on the mat. Mat has three letters.»

Este ejemplo es totalmente engañoso, ya que no tiene cohesión, no hay entidad coincidente, sólo repetición de una expresión lingüística.

curvas. (51) Podemos incluso imaginar un cuerpo tan pesado que rompe LA SÁBANA, un hecho ciertamente singular.

Este fragmento nos permite destacar una característica importante del fenómeno de la cohesión: los diferentes procedimientos empleados para recuperar una entidad pueden alternarse y así, si en la oración 50 se emplea el demostrativo, en la 51 vuelve a emplearse la denominación original.

La repetición de una misma expresión no supone siempre la recuperación de la misma entidad. De cara a la cohesión, es necesario tener en cuenta que la clave para reconocer la entidad mencionada es el grupo nominal completo, con determinantes y modificadores, en el que esa palabra repetida aparece. Así, en el siguiente fragmento, la oración 26 presenta dos casos de repetición del mismo término «*transistors*», pero sólo uno de ellos será el lazo de unión que recupera la información dada de la oración anterior. La expresión «*the most commonly used transistors*» es una paráfrasis de la expresión «*conventional transistors*». La segunda repetición, «*field-effect transistors*», constituye, en cambio, la información nueva, ya que es el tipo específico de transistores más utilizado:

Ejemplo 32 (anexo 1)

*(25) These attributes can best be appreciated in comparison with the performance of **conventional transistors**. (26) THE MOST COMMONLY USED TRANSISTORS today are field-effect transistors, or FET's.*

Por consiguiente, la presencia de una palabra repetida no supone la coincidencia de identidad como sucede en el fragmento siguiente con la expresión «efecto» de las oraciones 88 y 89:

Ejemplo 33 (anexo 8)

*(88) **El efecto Jahn Teller** activa el alargamiento de una diagonal por octaedro, pero a altas temperaturas es posible que **resulte alargada***

una cualquiera de las tres diagonales equivalentes y perpendiculares X, Y, Z. (89) **EL EFECTO RESULTANTE** es una deformación dinámica al azar, como lo confirman las medidas de espectroscopía visible, infrarroja y EXAFS («Extended X-Ray Absorption Fine Structure»).

«El efecto resultante» recupera la información de la oración 88, pero no «el efecto Jahn Teller». Se debe esto a que «resultante» recupera de forma implícita el alargamiento de una de las tres diagonales provocado por el efecto Jahn Teller, pero no este efecto. Como procedimiento de cohesión, se tratará entonces de cohesión mediante una entidad relacionada. La repetición de la palabra «efecto» es un caso más de «eco verbal».

Otro ejemplo interesante de repetición de la misma palabra en el que la premodificación desempeña un papel especificativo esencial es el siguiente:

Ejemplo 34 (anexo 4)

(125) **Specialized wiring patterns** are one clear adaptation to situations in which the number of processing elements is limited by the total amount of wire needed to accomplish a computation. (126) **THE BRAIN'S WIRING**, for instance, ensures that closely related information is mapped onto neighboring groups of neurons.

En este caso, se trata de dos entidades relacionadas mediante metonimia; «*the brain's wiring*» es uno de los posibles «*specialized wiring patterns*». Las repeticiones que son, en realidad, entidades relacionadas son muy frecuentes. A continuación, puede verse otro ejemplo procedente de uno de los textos en español. En este ejemplo, la expresión de la primera oración presenta una rama de la física, «la física de superficies» (O.0) y en la oración siguiente, su objeto de estudio que, por supuesto, estaba presente funcionando como modificador en el nombre de la ciencia:

Ejemplo 35 (anexo 7)

(0) Los avances recientes de la **física de superficies** están produciendo una avalancha de conocimientos, básicos y aplicados, sobre el

comportamiento atómico en el universo en dos dimensiones de las superficies sólidas. (1) El ser humano se ha sentido siempre fascinado por LA SUPERFICIE de las cosas.

La presencia de posmodificación es otra de las estrategias empleadas por el escritor para especificar la referencia y, por ello, debe tenerse en cuenta cuando se analizan los casos de repetición léxica. Veamos el ejemplo siguiente:

Ejemplo 36 (anexo 2)

*(18) In these early efforts, an oven was used to vaporize **a metal**, which was then precipitated as clusters on a substrate. (19) **Alkali metals such as sodium and potassium** were tried first, at about 1,000 degrees celsius; (20) **metals with higher melting and vaporizing points** were studied later. (21) But **the metals with the higher transition temperatures** could usually be made in clusters of only three to five atoms.*

En este ejemplo, las oraciones 17, 18, 19 y 20 no se relacionan por repetición de la palabra «*metals*». Se trata de cohesión por presencia de entidades relacionadas. En la oración 17, «*metals*» tiene valor genérico; en la 18, en cambio, se menciona un grupo específico de metales, «*Alkali metals such as...*». En la 19, existen dos lazos de cohesión. Por un lado, se menciona una entidad relacionada, un grupo de metales, «*metals with higher melting and vaporizing points*», pero al mismo tiempo existe una entidad implícita, los metales antes mencionados, que tienen un punto de fusión y de evaporación más bajo. Sólo la oración 21 se relaciona por recuperación de la misma entidad. «*The metals with the higher transition temperatures*» son los metales mencionados anteriormente, ya que la expresión «*transition temperatures*» son los puntos de fusión y de evaporación; ya que «*Transition*» sería su hiperónimo.

A la hora de descubrir la referencia de una palabra que se repite, será esencial prestar atención al modificador o los modificadores que acompañan a ese nombre.

Es importante observar que en el texto científico-técnico son numerosos los ejemplos en los que una entidad necesita más de un término para referirse a ella⁽³⁸³⁾. En ese caso el modificador forma parte de la expresión por la que se reconoce esa entidad. Ese término compuesto permite recuperar esa entidad en la realidad gracias a los conocimientos que el lector posee. Pero existe otro uso del modificador en el texto. En esos casos, el modificador responde a la necesidad que tiene el escritor de distinguir las diferentes entidades de las que se habla. En el ejemplo siguiente, he señalado en negrita las entidades cuya denominación exige dos palabras y en mayúsculas, aquellos casos en los que el adjetivo ayuda a descubrir la referencia en el texto:

Ejemplo 37 (anexo 4)

(18) *The top three layers of the retina - photoreceptors, **horizontal cells** and **bipolar cells** - are the best understood.* (19) *THESE OUTER LAYERS are the ones whose organization we have chosen to emulate in the **silicon retina**.*

(20) *THE FIRST LAYER consists of **rod and cone cells** that convert incoming light to electrical signals.* (21) ***Horizontal cells** - THE SECOND LAYER - make connections to both photoreceptors and **bipolar cells** through the **triad synapse**.* (22) *Each **horizontal cell** is also connected to its neighbors by gap junctions through which ions diffuse.* (23) *The potential of any given **horizontal cell** is thus determined by the spatially weighted average of the potentials of cells around it.* (24) *NEARBY CELLS make the strongest contribution;* (25) *DISTANT ONES, relatively less.*

(26) *Each **bipolar cell** receives inputs from a photoreceptor and a **horizontal cell** and then produces a signal proportional to the difference between the two.* (27) *Information from the **bipolar cell** passes through the **amacrine cell** layer to the **ganglion cells** and thence toward the **optic nerve**.*

La importancia de la premodificación y los compuestos en la denominación de entidades es indudable. Pero, es necesario señalar esta doble función. El modificador es unas veces parte inseparable de la denominación de la

(383) Esta característica había sido señalada ya por Halliday y Martin (1993) como comentario en el apartado 4.4. del capítulo II.

entidad en cuestión, como sucede en el caso de las células «horizontales» frente a las «bipolares». En otras ocasiones, en cambio, la premodificación hace referencia a información dada previamente en el texto.

Un ejemplo interesante de adjetivo que recupera información dada es el adjetivo «*practical*» en el siguiente ejemplo. En este caso, la información de la oración anterior, «*common sense and careful analyses indicate that perhaps within a decade downscaling will run up against the limits of circuit technology*» (O.3), la recuperan el nombre, «*limits*», acompañado del adjetivo «*practical*» (O.4).

Ejemplo 38 (anexo 1)

*(3) But **common sense and careful analyses indicate that perhaps within a decade downscaling will run up against the limits of circuit technology.** (4) Even if PRACTICAL LIMITS are overcome, the physical laws that govern the behavior of circuit components set fundamental limits on the size of the components' features.*

Se da a veces el caso de que junto al adjetivo «*high*» aparece «*such*». Se trata en este caso del uso enfático que quiere recuperar la elevada cifra mencionada en el rema de la oración anterior:

Ejemplo 39 (anexo 5)

*(79) In fact, **the reflectivity** must be **99 percent or more.** (80). **SUCH A HIGH REFLECTIVITY** is attained by depositing in alternate layers two semiconductors, such as gallium arsenide and aluminum arsenide, that have different indices of refraction.*

Otros dos casos de repetición en los que el modificador recupera información dada son los siguientes ejemplos. En el fragmento, «*necessary*» (O. 88), recoge la información del rema de la oración anterior (O. 87), ya que se trata del control «necesario para fabricar los espejos». En el fragmento, «*forward and backward*» (O. 86) recuperan la información de la oración 84, en concreto la

circunstancia del proceso en el que participa la entidad «*the waves*» a la que ahora en la oración 86 modifican:

Ejemplo 40 (anexo 5)

*(87) **Careful control of layer thickness** is particularly important in fabricating the mirrors. (88) The technique for achieving THE NECESSARY CONTROL is based on the fact that an individual atomic layer becomes progressively rougher as it grows, until about half of it is in place.*

Ejemplo 41 (anexo 1)

*(84) **The waves essentially bounce back and forth within the quantum chamber.** (85) In doing so they increase the tunneling current substantially - they resonate. (86) Both size quantization and resonance result from the constructive interference of THE FORWARD AND BACKWARD WAVES.*

Sin embargo, en aquellos casos en los que el modificador no identifica a las entidades en el texto, sino en la realidad, es frecuente que este modificador no se repita cuando la entidad se vuelve a nombrar en la oración siguiente como en estos ejemplos:

Ejemplo 42 (anexo 1)

*(1) **The electronics industry and integrated circuits** share an inverse destiny. (2) THE INDUSTRY grows as CIRCUITS shrink, and growth will continue as long as more and more circuits can be crammed on a single chip.*

Ejemplo 43 (anexo 1)

*(83) **Electron waves** that enter, say, a quantum well are reflected off the far wall of the well; (84) THE WAVES essentially bounce back and forth within the quantum chamber.*

Ejemplo 44 (anexo 1)

(36) When a weaker positive potential is also applied to the gate, electrons cluster in the silicon channel under the gate and create **a bridge of negative charge carriers between the two n-doped regions**. (37) **THIS BRIDGE**, called the inversion layer, enables electrons in the source to flow toward the positive voltage on the drain.

Ejemplo 45 (anexo 9)

(127) Así se obtiene **el espectro de masas de los microagregados ionizados**. (128) **EL ESPECTRO** está formado por picos cuya altura es proporcional al número de microagregados de masa *m* detectados durante cierto intervalo temporal.

Puede suceder, no obstante, que, en el caso de haber más de un modificador, se conserve alguno como en el fragmento siguiente:

Ejemplo 46 (anexo 9)

(136) Entonces, los niveles de energía de los electrones vienen caracterizados por el número cuántico/asociado **al momento angular orbital**. (137) Para cada valor de *l*, **EL MOMENTO ANGULAR** puede tener $2l + 1$ orientaciones diferentes, siendo la energía del electrón igual para todas ellas, debido a la simetría esférica del pozo.

Pero, en inglés, dada las características de la premodificación nominal, puede suceder en algún caso que sea el modificador la parte del compuesto que se recupera:

Ejemplo 47 (anexo 4)

(72) **The retina chip** also incorporates wiring and amplifier circuits that enable us either to study the output of each pixel individually or to scan the outputs of all the pixels and feed them to a television monitor, which displays the image processed by the entire array. (73) **(THE RETINA)** has gone through about 20 iterations, each requiring a few months for the chip's design and fabrication.

En estos casos en los que se repite una entidad previamente mencionada, pero con una expresión reducida, es esencial la función señalizadora del determinante que acompaña a ese nombre. Los determinantes que pueden acompañar a esa repetición abreviada son el artículo determinado y el demostrativo, tanto para el inglés como el español, y en inglés, además, encontramos también *such*. Cuando el autor quiere indicar al lector que esa entidad de la que habla ahora es exactamente la mencionada antes emplea el demostrativo. Este uso es especialmente frecuente en los textos españoles:

Ejemplo 48 (anexo 7)

(92) Para ello, es necesario comprobar la composición y microestructura de **los óxidos de silicio así producidos** y compararlos con los desarrollados por los métodos habituales en la industria.

(93) La composición química de **ESTOS ÓXIDOS**, como la de cualquier muestra sólida, puede ser objeto de análisis por espectroscopía de fotoelectrones.

Ejemplo 49 (anexo 7)

(75) Los enlaces no satisfechos que quedan forman **estados electrónicos de superficie** dentro del intervalo prohibido de energías del semiconductor [veáse la figura 5]. (76) **ESTOS ESTADOS DE SUPERFICIE** acumulan carga eléctrica e influyen en el funcionamiento de los dispositivos electrónicos.

Ejemplo 50 (anexo 12)

(116) La energía liberada en este proceso se usa en la creación de **un fotón con energía próxima a E_g** . (117) **ESTE FOTÓN** puede ser absorbido a continuación, generando de nuevo el par electrón-hueco.

En inglés, en cambio, para mostrar que esa entidad o entidades son las previamente mencionadas el determinante más habitual es «*such*». Este uso de «*such*» es diferente del que he presentado antes, ya que en ese caso su valor era enfático.

Ejemplo 51 (anexo 4)

(86) The most obvious illusion is that of simultaneous contrast: (87) a gray square appears darker when placed against a white background than when placed against a black background. (88) Other illusions include the Mach bands (apparent bright and dark bands adjacent to transitions from dark to light) and the Herring grid, in which gray spots appear at the intersection of a grid of white lines. (89) SUCH OPTICAL ILLUSIONS provide important insight into the biological retina's role in reducing the bandwidth of visual information an extracting only the essential features of the image.

Ejemplo 52 (anexo 6)

(131) Phenomena similar to single-electron oscillations should also occur in tunnel junctions that have superconducting electrodes. (132) In 1982 Allen Widom, Terry Clark and their collaborators at the University of Brighton first suggested a rudimentary theory for SUCH PHENOMENA in superconducting tunnel junctions.

El uso frecuente de *such* para señalar la recuperación de una entidad previamente mencionada, pero ahora abreviada, la avalan los textos «*Microclusters*», en el que se recogen 11 casos, y «*Progress in gallium arsenide*» que recoge 9. Pero «*such*» no se emplea con la misma frecuencia en todos los textos, ya que, por ejemplo, el texto «*The Silicon Retina*» presenta únicamente 3 casos. En este texto se prefiere usar el demostrativo. Estamos de nuevo ante el fenómeno del eco verbal, pero ahora en su segundo tipo de manifestación: el predominio de una tendencia en un autor.

En cualquier caso, tanto el demostrativo como «*such*» cumplen la misma función: señalar que la referencia de esa expresión a la que acompañan es la entidad previamente mencionada. Suelen usarse además en aquellos casos en los que la mención anterior aparece posmodificada o premodificada, por lo que es evidente la función encapsuladora de este determinante como se observa en los ejemplos siguientes. Así, en el primer fragmento, «*this amplifier*» (O. 70) encapsula la oración de relativo que explicaba la función del amplificador de la oración 69:

Ejemplo 53 (anexo 4)

*(69) The final output of each pixel in the silicon retina comes from **an amplifier that senses the voltage difference between the output of a photoreceptor unit and the corresponding node in the horizontal cell network.** (70) The behavior of THIS AMPLIFIER resembles that of the vertebrate bipolar cell.*

Ejemplo 54 (anexo 6)

*(45) **The transferred charge** actually has little to do with counting single electrons or protons.(46) **THIS CHARGE** is proportional to the sum of shifts of all the electrons with respect to the lattice of atoms.*

Queda claro, pues, que determinantes y adjetivos son elementos clave en la señalización de la referencia en el texto como muestra el párrafo siguiente:

Ejemplo 55 (anexo 1)

*(66) The relative positions of energy bands determine whether electricity can be conducted across **two different materials.** (67) For an electron to pass from **one material** to **another** with no change of energy, the bands of the two materials must overlap. (68) Specifically, in **the first material** the average level occupied by electrons -called the fermi level- must coincide with an energy band of **the second material.** (69) If the energy band of **the second material** occurs at a much higher energy level than the fermi level of **the first, the second material** acts as a barrier to electron movement.*

Antes de terminar este apartado dedicado a la recuperación de la misma entidad mediante repetición de la expresión lingüística, es necesario mencionar otra posibilidad. Se trata de la recuperación de la misma entidad mediante lo que podríamos llamar «repeticiones parciales». Se pueden señalar dos variantes. En el primer caso estarían expresiones repetidas en las que no coincide el número. En el segundo caso se trata de la recuperación de una entidad mediante adjetivo.

La repeticiones con número diferente son menciones con carácter

genérico que permiten emplear alternativamente el singular y el plural⁽³⁸⁴⁾ sin que cambie la referencia como sucede con las repeticiones del ejemplo siguiente:

Ejemplo 56 (anexo 1)

*(20) The motive for shrinking the components of integrated circuits is minimizing the cost and time needed to perform **each circuit function**. (21) MOST FUNCTIONS are carried out by **transistors**, which act essentially as switches. (22) IN A TRANSISTOR the speed and precision with which switching can be controlled, as well as the power needed to produce the switching, has everything to do with the time and cost per function attained by the device.*

En este caso, aun con diferencia de número, se recupera la misma entidad, ya que las funciones a las que se alude en «*most functions*» (O. 21) son «la mayoría» de las funciones de los circuitos que se mencionaban en la oración 20 mediante «*each circuit function*». De igual forma, el transistor de la oración 22 es uno cualquiera y por tanto tiene referencia genérica como la expresión en plural, «*transistors*», de la oración anterior.

El segundo caso de repetición parcial es la presencia en la oración siguiente en un adjetivo o modificador que recupera la entidad previamente mencionada. Así, la entidad «*superconductors*» mencionada en la oración 134 se recupera en la 135, en el modificador «*superconducting*»:

Ejemplo 57 (anexo 1)

*(134) In **superconductors**, each electron has a partner, forming what is known as a copper pair. (135) Consequently, if a tunnel junction is made from two SUPERCONDUCTING electrodes, the electrons tend to tunnel through the insulator in pairs.*

(384) Martin (1992, 104) reconoce que la referencia genérica anula la distinción singular/plural. Martin, (1992, 93-157) presenta un interesante tratamiento de los determinantes que él denomina el sistema fórico e indica su función esencial en la identificación de las entidades del texto.

El procedimiento puede ocurrir también a la inversa como en el ejemplo siguiente en el que la «entropía» de la oración 116 se encontraba en la oración anterior en el adjetivo «entrópico»:

Ejemplo 58 (anexo 8)

*(115) Curiosamente, el contenido **entrópico** es próximo al logaritmo neperiano de 3. (116) La variación de ENTROPÍA se relaciona con el logaritmo del cociente del número de orientaciones posibles antes y después de la transición.*

O este otro ejemplo del inglés en el que la entidad de la oración 128, «*the cortex*» se encontraba en la oración anterior en el adjetivo «*cortical*»:

Ejemplo 59 (anexo 4)

*(127) As an example, the **cortical** areas that perform the early processing of visual information preserve the spatial relations of the image. (128) This map-like organization of THE CORTEX allows most of the brain's wiring to be short and highly shared.*

Veamos ahora un ejemplo que presenta estos dos tipos de «repetición parcial». En este fragmento, observamos cómo la misma entidad, las fibras ópticas, se repite en las distintas oraciones, unas veces precedida de adjetivo (O. 174 y O. 176), otras en plural (O. 173) y otra en singular (O. 175):

Ejemplo 60 (anexo 3)

*(173) Light propagation in **fibers** can carry much more information and carry it farther than electrical signals in ordinary metal wires. (174) The linking of digital and other systems by **optical fibers** is increasing at a rapid pace. (175) **Transcontinental and transoceanic fibers** are already in use, and **fiber** is spreading through the telephone and cable-television systems toward home and office. (176) **Optical fibers** are also being used to extend the distance and speed of computer connections.*

Como puede verse, las expresiones «*fibers*», «*optical fibers*» y «*fiber*» recuperan la misma entidad. En el caso del uso en singular, la diferencia de número no implica diferente referencia, ya que se trata de una mención con valor genérico mediante el uso del término como incontable. En el caso de la expresión con adjetivo, «*optical fibers*» (O. 174), se trata de un ejemplo de la inclusión de una entidad en un adjetivo, ya que este adjetivo recupera en su significado la palabra «*light*» de la oración 173, aunque en este caso no hay coincidencia formal. La mención precedida de adjetivo, «*Transcontinental and transoceanic fibers*» (O. 175) recupera, en cambio, otra entidad que estaría en relación metonímica: una parte de los cables de fibra óptica, es decir, tan sólo aquellos que cruzan un continente o un océano.

Para concluir este apartado dedicado a la recuperación de una entidad mediante repetición de la misma expresión, voy a poner tres párrafos del texto «*The silicon retina*». El fragmento resulta quizá excesivamente largo, pero es muy ilustrativo de los fenómenos aquí mencionados, la repetición de una palabra no supone mencionar la misma entidad y los modificadores son esenciales para reconocer la entidad designada:

Ejemplo 61 (anexo 4)

(5) ***The retina's** ability to perform these tasks outstrips that of the most powerful supercomputers.* (6) *Yet individual neurons in **the retina** are about a million times slower than electronic devices and consume one ten-millionth as much power.* (7) *They also operate with far less precision than do digital computers.* (8) *Understanding how **the retina** manages this feat will undoubtedly yield profound insights into the computational principles of other, less accessible regions of the brain.*

Ejemplo 62 (anexo 4)

(71) *The result is a semiconductor chip containing roughly 2,500 pixels - photoreceptors and their associated image-processing circuitry - in a 50-by-50 array.* (72) ***The retina chip** also incorporates wiring and amplifier circuits that enable us either to study the output of each pixel individually or to scan the outputs of all the pixels and feed them to a television monitor, which displays the image processed by the entire*

array. (73) *(The retina has gone through about 20 iterations, each requiring a few months for the chip's design and fabrication. (74) It continues to evolve and to generate new, special-purpose designs to test particular hypotheses about image formation.)*

(75) The behavior of the adaptive retina is remarkably similar to that of biological systems. (76) We first examined how the output of a single pixel responds to changes in light intensity when the surrounding cells are at a fixed background illumination. (77) The shape of the response curve is similar to that of bipolar cells in the vertebrate retina. (78) In addition, changes in the background illumination alter the potential of the horizontal cell network so that the response curve of the silicon retina shifts in the same manner as in biological retinas.

En este texto en el que nos presentan una retina de silicio comparan constantemente esta retina artificial (O. 72) con la capa interna del ojo y la expresión «*the retina*» puede referirse a ambas, como observamos en los dos párrafos aquí presentados. En el primer párrafo nos explican el funcionamiento de esa parte del ojo. En el segundo párrafo, el escritor se refiere a la retina artificial. Por esto, «*the retina*» de las oraciones 5, 6 y 8 hace referencia a la parte del ojo mientras que esa misma expresión en la oración 73 se refiere a la retina artificial. De igual forma, «*the retina chip*» y «*the adaptive retina*», se refieren a la retina artificial mientras que las expresiones, «*the vertebrate retina*» y «*biological retinas*», recuperan la retina natural.

6.2. ENTIDAD COINCIDENTE: RECUPERACIÓN MEDIANTE HIPERÓNIMO

El caso más frecuente de recuperación de una entidad mediante otra expresión es el uso de un hiperónimo. Los hiperónimos son términos genéricos que indican una categoría y como tales funcionan como definidores de objetos, personas o entidades. Por eso, se usan continuamente en las definiciones de términos técnicos que presentan los diccionarios. En los textos analizados, su uso es habitual en inglés y en español. Así, en el siguiente fragmento, en la oración 59 encontramos una definición de la célula solar que emplea un hiperónimo:

Ejemplo 63 (anexo 12)

(58) *¿Cómo funciona UNA CÉLULA SOLAR?. (59) Todos saben que se trata de UN DISPOSITIVO que, bajo iluminación suministra corriente. (60) La luz produce en ÉL numerosas generaciones de pares electrón-hueco.*

En este caso, el hiperónimo se emplea con valor genérico para definir el término específico que se ha mencionado antes. Sin embargo, cuando hablamos de la utilización de un hiperónimo como mecanismo de cohesión nos referimos al empleo de ese término genérico para referirse a una entidad específica como en los ejemplos siguientes en los que las expresiones «*these devices*» tanto en la oración 45 del ejemplo 64 como en la oración 28 del ejemplo 65 recuperan los transistores mencionados en la oración anterior:

Ejemplo 64 (anexo 1)

(43) **Both transistors** are three-terminal devices, and in both of them adjusting the voltage on the gate is the most sensitive means of switching the device. (44) Hence **THE TRANSISTORS** can be switched «on» and «off» by changing the voltage on the gate. (45) **THESE DEVICES** work well at present scales, but with downscaling the distinction between switching states becomes blurred. (46) At smaller scales current leakage prevents a transistor from being truly «off»;

Ejemplo 65 (anexo 3)

(27) Today **several kinds of transistor** serve as the essential switching elements in electronic circuitry. (28) Calculations are carried out or data processed by effecting changes in **THESE DEVICES**.

Son muchos los ejemplos que confirman este uso de los hiperónimos como términos genéricos que permiten referirse a un término específico de forma abreviada. Así sucede en los dos fragmentos siguientes. En el primero, la palabra «*instrument*» de la oración 105 recupera el microscopio mencionado en la oración 104, «*the scanning electron microscope*», y en el segundo, la palabra «*technology*» de las oraciones 160 y 162 se refiere claramente a «*single electronics*» (O. 158):

Ejemplo 66 (anexo 6)

*(104) The coated substrate is then placed into the vacuum chamber of a **scanning electron microscope**. (105) Although THE INSTRUMENT is mainly designed for imaging applications, it is useful for device fabrication because it produces a beam of electrons a few nanometers in diameter, and the beam has enough energy to break polymer bonds.*

Ejemplo 67 (anexo 6)

*(158) Hence, the orthodox theory can be used to analyze posible applications of **single electronics**.*

(159) In the near future, we foresee at least three important applications. (160) First, THE TECHNOLOGY should provide a new standard for measuring small currents. (161) We expect an accuracy of better than one part per billion, about 1,000 times better than existing systems. (162) Second, THE TECHNOLOGY promises supersensitive electrometers - instruments that would measure charges as small as one tenthousandth of e, which is almost a million times better than the resolution of commercially available instruments.

Este uso del hiperónimo para recuperar entidades específicas lo avalan más ejemplos como los siguientes:

Ejemplo 68 (anexo 3)

*Progress in **Gallium Arsenide** Semiconductors*

(0.1) THE COMPOUND is not a candidate to supplant silicon.

Ejemplo 69 (anexo 3)

*(185) Such solid state lasers are particularly apt candidates for **bandgap engineering**. (186) THIS TECHNIQUE can be used to control precisely the wavelength that the laser emits.*

En estos últimos ejemplos el hiperónimo recupera una entidad que en la oración anterior aparecía premodificada.

Es importante tener en cuenta que la presencia de un hiperónimo no supone siempre la referencia a una entidad específica. Así, en los ejemplos siguientes la palabra «*device*» no se emplea para referirse a un tipo de componente en particular, como en los casos anteriores en los que se refería a los transistores mencionados previamente, sino que su valor es genérico y se refiere a cualquier componente de un circuito:

Ejemplo 70 (anexo 1)

*(10) While disputing the problem, many of us arrived at the same solution: (11) that some of the very phenomena that impose size limits on ordinary circuits could be exploited in a **new generation of vastly more efficient devices**.*

Ejemplo 71 (anexo 4)

*(94) In a **digital device**, voltages within a certain range are translated into bits having a value of, say, one, whereas voltages within a different range are translated into zeros. (95) **Each device** along the computational pathway restores the voltages to their proper range.*

Esta doble posibilidad de funcionamiento de los hiperónimos, con referencia específica a la entidad concreta mencionada anteriormente o con referencia genérica a una categoría de entidades, la podemos observar también en el ejemplo siguiente con las palabras «metal» y «material»:

Ejemplo 72 (anexo 7)

*(166) Una estrategia extendida en la actualidad consiste en desarrollar, en condiciones de ultra alto vacío, cristales sintéticos de periodicidad artificial: las superredes. (167) Una superred metálica está formada por capas delgadas alternadas de dos **metales** a y b, de distintas propiedades. (168) En el caso que nos ocupa, a sería un **material** magnético y b un **metal** no magnético. (169) Los átomos de **ambos metales** se evaporan cuidadosamente sobre un soporte elegido, para que el crecimiento de ambos sea epitaxial y sus periodicidades verticales bien definidas. (170) De este modo, se consigue desarrollar cristales con las periodicidades deseadas de fases que no existen en la naturaleza o que son metaestables.*

En este fragmento, «dos metales» de la oración 167 se refiere a dos metales cualquiera. Sin embargo, en la oración 169, cuando se habla de «ambos metales» se trata ya de un metal magnético y otro no magnético como dice la oración 168. Puede observarse además el uso en la oración 168 del hiperónimo «material» para referirse a «metal» y evitar así tanta repetición. En definitiva, en este fragmento las tres menciones de la palabra «metal» tienen referencia diferente. En la 167 se refiere a ese tipo de material en general. En la 168 a un caso particular, en concreto, un metal no magnético y en la 169 a otro caso particular, los dos metales que se hayan seleccionado para las capas.

La información dada en la oración anterior es esencial para determinar el significado del hiperónimo como puede verse en estos dos fragmentos:

Ejemplo 73 (anexo 3)

*(4) After almost 30 years as the technology of the future, **gallium arsenide** has begun to make a place for itself, not by supplanting silicon but by complementing it in new applications. (5) The inherent advantages of THE MATERIAL lie in the speed with which electrons move through it, in weak-signal operations and in the generation and detection of light.*

Ejemplo 74 (anexo 2)

*(13) This reactivity makes them effective tools for the study of the solid state and, potentially, for such industrial processes as the growing of crystals, selective chemical catalysis and the creation of **entirely new materials with made-to-order electronic, magnetic and optical properties**. (14) SUCH MATERIALS, in turn, could enhance the performance of products as diverse as lasers, photographic films, electrosensitive phosphors, magnetic disks and supercomputers.*

En el primer fragmento, el hiperónimo, «*the material*», se refiere al arseniuro de galio mencionado en la oración 4. En el segundo fragmento, «*such materials*» también recupera de forma abreviada los materiales mencionados en la oración anterior, pero ahora ya no se trata de un material en particular, sino de un

conjunto de materiales que cumplen una condición, se trata de todos aquellos materiales que presenten las propiedades deseadas que se mencionan en la oración 13.

La correcta comprensión de un texto exige reconocer cuando se emplea un hiperónimo para referirse a una entidad más específica y cuando tiene significado genérico. Pero, en cualquier caso, la referencia de ese término genérico está determinada por la entidad mencionada previamente como sucede en el ejemplo que presento a continuación:

Ejemplo 75 (anexo 3)

*(183) These differences make possible such new applications as **the compact-disk player**. (184) THIS CONSUMER PRODUCT employs an aluminum gallium arsenide laser to read data encoded as marks on a rotating disk. (185) An aluminum gallium arsenide laser operating at higher power is an essential component of A RELATED DEVICE, a **computer data-storage unit based on an optical disk**.*

En este ejemplo, la palabra «device» no se emplea para referirse a un componente de un circuito electrónico, sino como genérico de dos entidades: la entidad que presenta, «*a computer data-storage unit based on an optical disk*» (O.185) y la entidad con la que está relacionado, «*a related device*» (O. 185), mencionado antes, «*the compact-disk player*» (O. 183). Como genérico de estas dos entidades debería traducirse al español, en este caso, por «aparato», mejor que «componente». Podemos mencionar además la presencia de otra expresión con hiperónimo, «*consumer product*» (O. 184), empleada para referirse al reproductor de discos compactos. Se trata de un término genérico acompañado de modificador cuya referencia se hace específica gracias a la entidad mencionada en la oración anterior. Como sucede en el uso de los hiperónimos su referencia se determina gracias a la mención anterior. Son muchos los productos de consumo, pero en este caso sólo se habla de uno y así lo señala el demostrativo «*this*».

Muchos de los casos de paráfrasis que recupera una entidad anterior

son en realidad casos de hiperónimos, ya que esa paráfrasis tiene como núcleo del grupo nominal un hiperónimo. En este ejemplo, la expresión «*Millions of lasers just a few millionths of a meter*» recupera mediante un hiperónimo pre y posmodificado la única entidad del texto hasta ahora mencionada:

Ejemplo 76 (anexo 5)

Microlasers

(0) MILLIONS OF LASERS JUST A FEW MILLIONTHS OF A METER can now be etched on a single chip, offering a host of novel applications in optical communications and information processing.

A modo de conclusión, quiero señalar que el doble funcionamiento de los hiperónimos con valor genérico o con valor específico hace ver la importancia que tiene el determinante que acompaña al nombre a la hora de interpretar adecuadamente la referencia. En este sentido, la presencia del demostrativo obliga a interpretar la referencia de ese hiperónimo como la misma del término mencionado en la oración anterior. La función del determinante en la señalización de la referencia puede verse en el siguiente fragmento en los usos de la palabra «*material*». Frente a la mención sin determinante de las oraciones 176 y 177 que recupera una referencia genérica, la mención con demostrativo recupera un material en particular, en concreto, el material formulado en la oración 177:

Ejemplo 77 (anexo 8)

*(176) La búsqueda de **materiales** con temperatura crítica próxima a temperatura ambiente y que permitan producir hilos superconductores susceptibles de ser utilizados en aplicaciones industriales han conducido a **nuevos materiales**; (177) Tal es el caso de **bi₂sr₂cacu₂o_{8+δ}** [véase la figura 9]. (178) **Este material** tiene una temperatura crítica de 110 grados k, razonablemente alta;*

En los casos de recuperación de una entidad mediante hiperónimo predomina el uso de determinantes que señalan que la referencia de ese nombre debe buscarse en el contexto inmediato como puede verse en los casos de

recuperación mediante hiperónimo que presento ahora. El número entre paréntesis indica la oración del texto en la que se hallan.

RECUPERACIÓN DE UNA ENTIDAD MEDIANTE HIPERÓNIMOS

TEXTOS	HIPERÓNIMOS
--------	-------------

TEXTOS EN INGLÉS

1. <i>The quantum effect device: tomorrow's transistor?</i>	These devices (45) in these devices (112)																
2. <i>Microclusters</i>	Such cluster species (37) Each of these two forms (40) These configurations (43) Both classes of metal atoms (73) In these particular cluster systems (79) These electronic systems (86) This color (170) This new phase of matter (172)																
3. <i>Progress in gallium arsenide semiconductors</i>	<table> <tr> <td>The compound (0.1)</td><td>Many such devices (129)</td></tr> <tr> <td>The material (5)</td><td>The semiconductor (164)</td></tr> <tr> <td>This quality (25)</td><td>These front-end devices (170)</td></tr> <tr> <td>In these devices (28)</td><td>This consumer product (184)</td></tr> <tr> <td>The next higher level (61)</td><td>Such solid-state lasers (186)</td></tr> <tr> <td>These bands (62)</td><td>This technique (187)</td></tr> <tr> <td>In this structure (73)</td><td>These devices (189)</td></tr> <tr> <td>The workers (92)</td><td>This rate (235)</td></tr> </table>	The compound (0.1)	Many such devices (129)	The material (5)	The semiconductor (164)	This quality (25)	These front-end devices (170)	In these devices (28)	This consumer product (184)	The next higher level (61)	Such solid-state lasers (186)	These bands (62)	This technique (187)	In this structure (73)	These devices (189)	The workers (92)	This rate (235)
The compound (0.1)	Many such devices (129)																
The material (5)	The semiconductor (164)																
This quality (25)	These front-end devices (170)																
In these devices (28)	This consumer product (184)																
The next higher level (61)	Such solid-state lasers (186)																
These bands (62)	This technique (187)																
In this structure (73)	These devices (189)																
The workers (92)	This rate (235)																
4. <i>The silicon retina</i>	This circuit (57) Neural systems (114) Such systems (135)																
5. <i>Microlasers</i>	Lasers (0) Such a device (11) The devices (16) Such arrays (105) Such a structure (115) Such a device (135)																
6. <i>Single electronics</i>	<table> <tr> <td>This effect (65)</td><td>The technology (160)</td></tr> <tr> <td>The system (70)</td><td>The technology (162)</td></tr> <tr> <td>The device (92)</td><td>This technology (170)</td></tr> <tr> <td>The instrument (105)</td><td>Such a circuit (172)</td></tr> <tr> <td>The sample (108)</td><td>Both devices (183)</td></tr> <tr> <td>These groups (127)</td><td>In such structures (189)</td></tr> <tr> <td>With these devices (128)</td><td></td></tr> </table>	This effect (65)	The technology (160)	The system (70)	The technology (162)	The device (92)	This technology (170)	The instrument (105)	Such a circuit (172)	The sample (108)	Both devices (183)	These groups (127)	In such structures (189)	With these devices (128)			
This effect (65)	The technology (160)																
The system (70)	The technology (162)																
The device (92)	This technology (170)																
The instrument (105)	Such a circuit (172)																
The sample (108)	Both devices (183)																
These groups (127)	In such structures (189)																
With these devices (128)																	

TEXTOS	HIPERÓNIMOS
--------	-------------

TEXTOS EN ESPAÑOL

7. <i>La física de superficies</i>	Estos complejos procesos (189) En esta técnica (94) El material (145)
8. <i>Transiciones de fase en las perovskitas</i>	Estos compuestos (0) Estos materiales (2) Tales compuestos (6) En estos materiales (7) Las estructuras deformadas (29) Por debajo de esta temperatura (70) En estos dos compuestos (83) Ambos compuestos (140) Con esta geometría (156) Mediante esta secuencia de compuestos (160) En el material (169)
9. <i>Propiedades de los microagregados metálicos</i>	Estos objetos (8) Este tipo de materiales (44) Con este diámetro (50) Estas formas octaédricas (61) Estos investigadores (109)
10. <i>Singularidades en relatividad general</i>	Otra zona singular (80) Esta zona extraña (82) En esas fechas (102)
11. <i>Espectroscopía astrofísica con fibras ópticas</i>	La nueva disciplina (22) Este radical (134)
12. <i>Células solares muy eficientes</i>	Esta energía (8) En estas regiones (49) Un dispositivo (59) Esas regiones fuertemente dopadas (72) En este punto de máxima potencia (92) Estos artilugios ideales (147) Estas estructuras (154) Con este material (156)

6.3. ENTIDAD COINCIDENTE: RECUPERACIÓN MEDIANTE SINÓNIMO

En los estudios de la cohesión hasta ahora realizados, la sinonimia ocupaba siempre un lugar importante junto al resto de los posibles mecanismos de cohesión. Sin embargo, en los textos aquí analizados, los ejemplos claramente clasificables como recuperación de una entidad mediante sinónimo, no son muchos

y prueban que son pocos los casos en los que se puede hablar de entidad recuperada mediante este procedimiento. No se trata de que en los textos no se registren casos de sinonimia como tal, sino que son pocos los casos en los que un sinónimo se emplea como mecanismo de cohesión para recuperar una entidad previamente mencionada. Son más frecuentes los casos de sinonimia combinada con otros mecanismos de cohesión.

En los textos analizados, cuando no se emplean las mismas palabras para referirse a la entidad previamente mencionada, la expresión sustitutiva es, en la mayoría de las ocasiones, un hiperónimo o una expresión metonímica o metafórica. Como veremos, los casos clasificados como recuperación mediante sinónimo son en su mayoría términos genéricos. La condición que los reúne en esta categoría y no en la recuperación mediante hiperónimo es la imposibilidad de decidir cuál de los dos es el hiperónimo del otro. Como puede observarse en los ejemplos que aquí presento, se trata de casos en los que no está claro que uno de los términos sea más genérico que el otro:

Ejemplo 78 (anexo 7)

*(35) **Esta región** tiene propiedades mecánicas, de composición o electrónicas distinguibles de los medios que la flanquean. (36) El espesor de LA ZONA que debemos considerar superficie o interfase depende del tipo de propiedades a que nos estemos refiriendo.*

Ejemplo 79 (anexo 1)

*(118). One of the objectives of current research is the conversion of quantum devices, which are most readily constructed as diodes, to three-terminal devices with **a third contact** directly modulating the potential of the quantum structure. (119) SUCH A CONNECTION would yield the most compact device, and one that would most closely approach the maximum switching speed afforded by tunneling.*

Ejemplo 80 (anexo 3)

*(176) Optical fibers are also being used to extend the distance and speed of **computer connections**. (177) SUCH LINKAGES will increasingly become part of the digital-processing system itself.*

Sí podría hablarse, en cambio, de usos menos frecuentes de uno de los términos para referirse a la entidad mencionada como sucede en el último de los fragmentos anteriores con la expresión «*linkage*», que se emplea con menos frecuencia que «*connection*».

Clasifico también como recuperación mediante sinónimo de una entidad anteriormente mencionada los casos en los que esa entidad, ahora recuperada mediante una sola palabra, se presentaba en la oración anterior como un hiperónimo modificado por un adjetivo:

Ejemplo 81 (anexo 4)

*(54) The photoreceptor includes both a **photosensitive element** and a feedback loop that mimics the slow adaptive mechanism of cones in the biological retina. (55) THE PHOTORECEPTOR, a bipolar transistor, produces a current proportional to the number of photons it absorbs.*

Es posible encontrar algunos usos en los que la relación de sinonimia radica en los adjetivos como los ejemplos siguientes en los que las superficies «casi ideales» (O. 49) son las «monocristalinas y atómicamente limpias» de la oración anterior y los componentes minúsculos, «*such minuscule components*» (O. 12) son los dispositivos pequeñísimos «*extremely small devices*», de la oración 11:

Ejemplo 82 (anexo 7)

*(48) Sin embargo, la explosión de actividad en la física de superficies registrada desde los años setenta ha tenido como objetivo fundamental el estudio de superficies **monocristalinas y atómicamente limpias**. (49) ¿Por qué se estudian ESTAS SUPERFICIES CASI IDEALES?*

Ejemplo 83 (anexo 6)

*(11) The tests were performed with **extremely small devices**, typically about 30 billionths of a meter in width, which is comparable to the diameter of a virus. (12) By studying the behavior of SUCH MINUSCULE COMPONENTS at temperatures of a fraction of a degree above*

absolute zero, researchers have developed a better understanding of how electric charges move through materials.

He clasificado también como recuperación mediante sinónimo aquellos casos en los que la expresión sinónima es, en realidad, un hiperónimo acompañado de un adjetivo que aclara la referencia. En algunos casos, ese adjetivo es una repetición parcial de la entidad que se menciona como sucede en el ejemplo siguiente con el adjetivo «superficial» (O. 69):

Ejemplo 84 (anexo 7)

*(68) Si nos imaginamos un cristal metálico como un conjunto de bolas de acero unidas con muelles y cortamos éstos a lo largo de un plano para formar **una superficie**, no es difícil entender intuitivamente que los átomos de la superficie puedan moverse con respecto a las posiciones de equilibrio del volumen, ya que ahora no tienen vecinos hacia el exterior del cristal. (69) Los cambios estructurales que ocurren en LA REGIÓN SUPERFICIAL pueden implicar a varias capas atómicas.*

En otras ocasiones ese adjetivo es un sinónimo. Así, la oración introductoria del texto «Propiedades de los microagregados metálicos», recupera la entidad «microagregados» del título mediante el hiperónimo «agregados» modificado por el adjetivo «pequeños» (O.0):

Ejemplo 85 (anexo 9)

0. PEQUEÑOS AGREGADOS formados por unas pocas decenas o escasos cientos de átomos de elementos metálicos presentan PROPIEDADES que difieren bastante del metal macroscópico.

Otro ejemplo de sinónimo formado por nombre genérico acompañado de adjetivo es el siguiente en el que el adjetivo «adaptive» incorpora el verbo de la oración anterior «alter» con sus participantes y circunstancias:

Ejemplo 86 (anexo 4)

*(34) Furthermore, **the cones themselves can alter the range of light intensities to which they respond, depending on the average long-term brightness in a scene.** (35) **(THESE ADAPTIVE MECHANISMS explain why people stepping into bright sunlight from semidarkness experience the scene as washed out and overexposed).***

Ahora bien, en este ejemplo podríamos hablar mejor de un hiperónimo acompañado de adjetivo encapsulador.

Otro tipo de recuperación mediante sinónimo son casos que presentan la posibilidad de clasificarse como metáforas o metonimias. Muchas de las expresiones consideradas sinónimas guardan entre sí, fuera de este uso, una relación metonímica como sucede con las expresiones del ejemplo siguiente:

Ejemplo 87 (anexo 2)

*(39) Consider, for a moment, the mass spectrum of lead, in which **seven- and 10-atom clusters** are found at twice the frequency of neighboring species, or cluster sizes. (40) **EACH OF THESE TWO FORMS** is believed to have a structure that is a precursor to packing patterns seen in solid lead. (41) **THE 10-ATOM FORMATION** is a key element in the diamond lattice structure, in which chemical bonds act in fourfold symmetry to keep atoms fixed in relatively open networks.*

Entre las expresiones «*form*» (O. 40) y «*formation*» (O.41), que aquí son sinónimas, ya que la formación de 10 átomos es una de las dos formas de agregados presentados en la oración 39 y a los que se refiere la oración 40, existe, en su origen, una relación metonímica. El diccionario COLLINS (1991) recoge ya para «*formation*» la acepción de «*manner in which something is formed or arranged*», pero su acepción primera es «*the act of giving or taking form, shape or existence*».

En otros ejemplos, se trata de casos puntuales de sinónimos. Así, entre these «*pulses*» (O. 213) y «*the signals*» (O. 214) del ejemplo 88 y entre «*transfer*» (O.

191) y «flows» (O. 193) del ejemplo 89, la relación que existe puede describirse como metonímica:

Ejemplo 88 (anexo 5)

*(212) One of its four lasers flashes the signal over an optical fiber at one billion bits per second to the third chip, a gallium arsenide receiver, one of whose four built-in electronic photodetectors converts the signal to **electronic pulses**. (213) **These pulses** directly feed into gallium arsenide transistors, which amplify them. (214) Other circuits on the receiving chip then deserialize THE SIGNALS into bytes.*

Ejemplo 89 (anexo 6)

*(191) Another unresolved issue is whether **the correlated transfer of electrons** requires tunneling. (192) Averin and Likharev have recently given arguments that it does not. (193) **SUCH CORRELATED FLOWS** may be achieved in narrow channels, where the electrons can propagate only in one direction.*

En el primer caso la relación entre «signal» (O. 214) y «pulse» (O. 213) podría describirse como una relación metonímica de objeto-función, ya que los impulsos actúan como señales como así nos aclara la oración 212, y entre «flow» (O. 193) y «transfer of electrons» (O. 191), la relación sería de causa-efecto, pues el flujo de los electrones se produce como consecuencia de su movimiento.

Son varios los ejemplos encontrados en los que entre las expresiones sinónimas existe una relación metafórica. Así, en el fragmento siguiente, la palabra «output», que en la oración 91 se emplea para referirse a una ilusión, es un término genérico, pero al mismo tiempo puede tratarse de metáfora, ya que todo sistema electrónico o de comunicaciones produce una respuesta de salida y las ilusiones que la mente crea pueden ser en ese sentido comparables:

Ejemplo 90 (anexo 4)

(88) Other illusions include the Mach bands (apparent bright and dark bands adjacent to transitions from dark to light) and the herring grid, in

*which gray spots appear at the intersection of a grid of white lines. (89) Such optical illusions provide important insight into the biological retina's role in reducing the bandwidth of visual information an extracting only the essential features of the image. (90) **The illusions** are created because the retina selectively encodes visual information. (91) That our retinal model also sometimes generates AN ILLUSORY OUTPUT gives us additional confidence in our interpretation of the principles by which the biological retina operates.*

Otros ejemplos de sinónimo que resultan ser una expresión metafórica son las expresiones «*islands*» (O. 112), «*multidecker sandwich*» (O. 74) y «*outpost*» (O. 4):

Ejemplo 91 (anexo 6)

*(111) This beam deposits **a thin aluminum film on the PMMA layer and on the parts of the substrate under the open windows.** (112) (THESE ALUMINUM ISLANDS will ultimately become the first conducting layer of the tunnel junction array.*

Ejemplo 92 (anexo 3)

*(72) One example is the semiconductor superlattice invented by Leo Esaki and his colleagues at IBM. (73) In this structure, **alternating layers of aluminum gallium arsenide and gallium arsenide are deposited onto a gallium arsenide substrate.** (74) Electrons moving parallel to the layer planes IN SUCH A MULTIDECKER SANDWICH would normally be confined to the lower band-gap layers of gallium arsenide. (75) For them to move at right angles to THE LAMINATIONS, OR LAYERS, they must penetrate or go over the aluminum gallium arsenide band-gap barriers.*

Ejemplo 93 (anexo 4)

*(3) **The retina, a thin sheet of tissue that lines the orb of the eye,** converts raw light into the nerve signals that the brain interprets as visual images. (4) THIS TINY OUTPOST OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM must extract all the essential features of the visual scene rapidly and reliably under lighting conditions that range from the dark of a moonless night to the stark glare of the noontime sun.*

Para terminar este apartado dedicado a la recuperación de una entidad mediante sinonimia, quiero presentar un ejemplo de la combinación de sinonimia con otros mecanismos de cohesión como el anuncio o el encapsulamiento. Aunque el encapsulamiento y el anuncio se tratara en los capítulos próximos, no puedo acabar esta explicación de la sinonimia sin mencionar un ejemplo de esa posibilidad. Así, en el fragmento siguiente, el anuncio de la oración 110, «*two paths*» se recupera en la 116, mediante, lo que en este caso podemos considerar sinónimo, «*line*»:

Ejemplo 94 (anexo 5)

(110) *Future work in microlasers is likely to take **two paths*** (111) *FIRST, the present generation of microlasers has an output at wavelengths of approximately one micron (infrared radiation).* (112) *It would be desirable to increase the output wavelength to the region ranging from 1.3 to 1.5 microns, because these wavelengths are transmitted with the fewest losses in an optical fiber and are therefore of potential use in optical communications.* (113) *To date, microlasers operating in the longer-wavelength region have not worked very well, primarily because of a lack of suitable semiconductor materials that can be grown into a stack of layers forming mirrors for those wavelengths.* (114) *At present, instead of being five or six microns tall, an efficient microlaser working at 1.5 microns would have to be about 20 microns tall, which would take almost 24 hours to grow precisely using molecular-beam epitaxy.* (115) *Such a structure would not be very practical, but alternative designs still to be demonstrated may prove sufficient.* (116) *Further miniaturization which is also just now being explored, is **THE SECOND LIKELY LINE OF FUTURE RESEARCH**.* (117) *The road will be difficult;*

En realidad, la sinonimia en el texto no actúa exactamente como mecanismo exclusivo de recuperación de entidades previamente mencionadas, ya que es frecuente su presencia con otros mecanismos. Como procedimiento para recuperar una entidad, se añade al pronombre y los hiperónimos, en lo que podríamos denominar recuperación directa de una entidad mediante una expresión diferente de la habitual.

6.4. ENTIDAD COINCIDENTE: RECUPERACIÓN MEDIANTE PRONOMBRE

Otra de las posibilidades de recuperar una entidad ya mencionada es la utilización de un pronombre. Me ocupo en esta sección exclusivamente del uso de pronombres que recuperan entidades. Los estudios anteriores sobre la cohesión trataban conjuntamente los pronombres que recuperan entidades y los que recuperan procesos verbales. Sucede así en Halliday y Hasan (1976) que hablan de los pronombres de referencia textual y también en Mederos (1988), quien incluye la recuperación de entidades mediante pronombre en la anáfora mediante «proforma» y menciona el valor cohesivo del demostrativo neutro. Incluso estudios posteriores que se centran en el funcionamiento de los pronombres en el texto mencionan la necesidad de contrastar el funcionamiento de «*it*», «*this*» y «*that*» en el texto (McCarthy, 1994). Este autor, en concreto, está preocupado por discriminar entre la referencia a una entidad y la referencia a un segmento de texto o uso metadiscursivo como él lo denomina. La diferencia que existe entre un pronombre que recupera una entidad simplemente y el que recupera una cláusula, una oración o un párrafo es la misma que existe entre un hiperónimo y los nombres de referencia textual que funcionan como encapsulamiento y como anuncio. Por esta razón, me ocuparé de los pronombres que recuperan fragmentos de texto en el capítulo próximo cuando trate el tema del encapsulamiento.

Los estudios anteriores sobre la función del pronombre en la cohesión solían revisar el sistema gramatical de los pronombres, pronombres personales, demostrativos y posesivos antes de presentar ejemplos de su uso cohesivo. En este trabajo el enfoque es el inverso; sólo presentaré los casos de recuperación de una entidad mediante pronombre que han aparecido en los textos analizados para extraer una serie de conclusiones sobre el uso de este mecanismo en este tipo de texto en particular.

La recuperación mediante pronombre de una entidad previamente mencionada es igual de frecuente en los textos en inglés como en español. Pero, a

diferencia de los procedimientos de recuperación de una entidad vistos hasta ahora, que funcionan de forma muy similar en ambas lenguas, en el uso del pronombre se pueden observar claramente ciertas diferencias en las tendencias predominantes en cada una de las lenguas.

En los textos en inglés, existe un predominio claro del uso del pronombre personal. Todos los casos de recuperación de una entidad mediante pronombre son pronombres personales. En concreto, el pronombre más habitual en inglés para referirse a entidades mencionadas en la oración anterior es «*they*» con 29 realizaciones, aunque seguido de cerca por la forma singular, «*it*», que registra 20. Esta preferencia por el plural se explica claramente si tenemos en cuenta los temas de los textos. Así, el texto 2 se titula «*Microclusters*», el texto 3, «*Progress in gallium arsenide semiconductors*» y el texto 5, «*Microlasers*». Pero, incluso en el resto de los textos son frecuentes las referencias en plural dado que éste es el número es el más habitual para las afirmaciones de carácter genérico. Así, en el fragmento siguiente tomado del texto 1, el pronombre «*they*» (O. 15) recupera los dispositivos cuánticos de la oración 14:

Ejemplo 95 (anexo 1)

*(14) The structures for **quantum devices** have already been made using the same materials as today's chips: doped silicon, doped and undoped gallium arsenide, and aluminum gallium arsenide. (15) Because **THEY** can be about 100 times smaller than the devices in present-day integrated circuits, however, designing and fabricating a viable device presents a formidable challenge.*

A pesar de esto, en el texto 1 y en el 4 predomina la referencia a entidades en singular como su título hace esperar, ya que el texto 1 habla del transistor de efecto cuántico y el texto 4 de la retina de silicio.

En segundo lugar, en los textos en inglés la función sintáctica más habitual para el pronombre que recupera una entidad es la de sujeto. Esta función es también la que realiza la entidad a la que el pronombre se refiere y además, ambos ocupan en la oración posición temática:

Ejemplo 96 (anexo 1)

*(76) **Size quantization** causes the continuum of energy levels that usually exists in the conduction band of a solid to become articulated into discrete energy quanta, or states. (77) IT is most aptly described by a density-of-states graph, which shows the number of allowed discrete states of an electron within a fixed energy range.*

Ejemplo 97 (anexo 1)

*(94) **Electrons trying to pass from one slab of doped gaas to the other** must tunnel through a layer of algaas into the quantum dot and then through another stretch of AlGaAs. (95) **THEY** cannot enter the quantum dot, however, unless one of the energy levels in the dot is on a par with the Fermi level of the doped gallium arsenide from which the electrons are emitted.*

Ejemplo 98 (anexo 2)

*(3) **Microclusters** consist of tiny aggregates comprising from two to several hundred atoms. (4) **THEY** pose questions that lie at the heart of solid-state physics and chemistry and the related field of materials science:*

Sin embargo, es posible recuperar entidades en posición remática como el siguiente ejemplo en el que el pronombre «*they*» recupera los 14 átomos:

Ejemplo 99 (anexo 2)

*(47) That phenomenon can be explained by the relative stability ascribed by theory to the 13-atom icosahedral cluster, a stability that makes it difficult for **14 atoms** to cohere. (48) **THEY** tend, instead, to form a 13-atom cluster, leaving one atom free.*

En tercer lugar, en los textos en inglés, el pronombre personal de tercera persona recupera entidades no humanas. A excepción del texto 6 que incide en la evolución de una disciplina técnica y por ello presenta varias referencias a los científicos e investigadores que intervinieron en su desarrollo, en concreto las

oraciones 30, 153, 154, 176 y 178, no existen casos de pronombres personales con referencia a personas. En el resto de los textos sólo se registran tres casos, la oración 134 del texto número 2 y en el texto 3, la oración 14 y la 91. En estos casos, el pronombre y la entidad sustituida son ambos sujetos de sus oraciones como en el ejemplo:

Ejemplo 100 (anexo 2)

*(133) **Ernst Schumacher of the University of Bern** has approached cluster-substrate interactions differently. (134) **HE** has imprisoned alkali-metal clusters in larger, hollow molecules called zeolite cages, which prevent the clusters from participating in undesired reactions without interfering with their ability to catalyze the polymerization of ethylene to polyethylene.*

En los textos en español, en cambio, se perciben tendencias totalmente diferentes. Existe gran variedad de formas pronominales que recuperan entidades previamente mencionadas y se registran casos de pronombres demostrativos, indefinidos y otros como en los siguientes ejemplos:

Ejemplo 101 (anexo 7)

*(57) En los últimos años, la física en dos dimensiones nos ha deparado ya **algunos descubrimientos inesperados**; (58) ENTRE OTROS, la naturaleza especial de la fusión superficial o efecto Hall cuántico, por el cual Klaus von Klitzing recibió el premio Nobel en 1985.*

Ejemplo 102 (anexo 7)

*(21) En efecto, en las décadas de las dos guerras mundiales, **Langmuir** realizó una ingente labor creando los métodos experimentales de alto vacío, los cuales le permitieron abordar problemas básicos, como la reducción en la función de trabajo producida por la absorción de metales alcalinos sobre superficies metálicas, la emisión termoiónica o los mecanismos de quimisorción. (22) Sus amplios intereses científicos LE llevaron a brillantes aplicaciones de sus descubrimientos, como las lámparas incandescentes de atmósfera inerte, básicamente idénticas a las que se emplean hoy en día. (23) SUYA es la principal responsabilidad de haber elevado la física de superficies a la categoría de disciplina con entidad propia.*

En cambio, son escasísimos los casos de pronombre personal de tercera persona en función de sujeto. Sólo se registran dos casos y se trata en concreto de referencia a personas, la oración 93 del texto 10, aunque aquí el pronombre aparece precedido de la forma «todos» y la oración 126 del ejemplo siguiente:

Ejemplo 103 (anexo 10)

*(124) Entretanto, fue **George Gamow** el primero en realizar un cálculo moderno de aparición de elementos en los modelos de Friedman; (125) aunque CONOCÍA la existencia de la singularidad inicial, como otros muchos no le concedió importancia, pues pensaba que se debía a una fase previa de contracción del universo en la que toda la materia se había deshecho en sus constituyentes elementales (partículas elementales). (126) Fue ÉL con sus colaboradores, quien predijo la existencia, si los modelos de gran explosión eran correctos, de una radiación de fondo, fósil de épocas antiguas superdensas y muy calientes.*

En segundo lugar, en los textos en español los casos de pronombre personal de tercera persona que recuperan entidades no son sujeto; suelen ser grupo preposicional o pronombres complemento. En concreto, se registran 16 casos de pronombre detrás de preposición frente a los tres que se encuentran en inglés.

Ejemplo 104 (anexo 8)

*(146) En su diagrama de fase estructural y magnético aparece **una fase magnética parcialmente desordenada denominada vidrio espinorial**. (147) EN ELLA los momentos magnéticos presentan viscosidad a la rotación cuando se los somete a campos magnéticos.*

Ejemplo 105 (anexo 8)

*(153) Todo el análisis estructural anterior se ha basado en la consideración de los octaedros como **poliedros básicos conectados por sus seis vértices**. (154) Partiendo DE ELLOS pueden aparecer estructuras similares en las que los octaedros poseen en común un número menor de vértices.*

En tercer lugar, en español los casos de pronombre sujeto son pronombres demostrativos. Es importante observar cómo en español el pronombre demostrativo parece funcionar como el pronombre personal de tercera persona en inglés, ya que es el que actúa como sujeto y recupera entidades no personales.

Ejemplo 106 (anexo 11)

*(68) En consecuencia, un espectrógrafo convencional no puede analizar simultáneamente toda la luz recibida **en el plano focal del telescopio**; (69) al ser ÉSTE bidimensional, nos vemos obligados a escoger un corte unidimensional del mismo, donde debemos colocar la rendija o entrada del espectrógrafo. (72) Pero las fibras pueden reordenar o modificar la distribución espacial de **los objetos** que aparecen en una imagen; (73) en especial, si ÉSTOS son tan sencillos como los que suelen encontrarse en el plano focal de un telescopio.*

Ejemplo 107 (anexo 12)

*106) Los investigadores habían concluido que, en la interfase, había **unos estados electrónicos**, localizados en el intervalo de energía, en el interior de la zona prohibida del semiconductor; (107) ÉSTOS fijaban la posición energética del nivel de Fermi, determinando así la altura de la barrera.*

Uno de los problemas que plantean los estudios del pronombre demostrativo es si su uso es sustitución mediante pronombre u omisión de la entidad mencionada. Downing y Locke (1992, 444) consideran que el uso del demostrativo supone elipsis, pero en los textos ingleses aquí analizados no se registra ningún uso de demostrativo que se refiera a una entidad. Para el español Mederos (1988, 158) admite el funcionamiento como pronombre del demostrativo, pero reconoce que las razones para elegir entre una y otra interpretación no están nada claras. Algunos de los ejemplos encontrados en nuestra muestra admiten ambas interpretaciones:

Ejemplo 108 (anexo 12)

(9) hoy es unas siete veces más barata que hace veinte años, pero todavía hay que abaratarla entre dos y cuatro veces para que sea

*rentable en competencia con **otras fuentes convencionales**. (10) (O quizá, tan sólo, esperar que ÉSTAS suban de precio).*

Este ejemplo podría explicarse como recuperación de la entidad mediante pronombre, pero la idea de elipsis resulta también apropiada, ya que es posible enunciar «estas otras fuentes convencionales». En el ejemplo siguiente, en cambio, la recuperación del demostrativo exige que el determinante que llevaba antes el nombre desaparezca y por ello parece más probable que se trate de pronombre.

Ejemplo 109 (anexo 12)

*(23) Entre la banda de valencia, que ocupa en el diagrama la parte inferior, y la de conducción, que se extiende en el tramo superior, hallamos **la banda prohibida**. (24) EN ÉSTA no se puede encontrar jamás (salvo excepciones que no vienen ahora al caso) ningún electrón, y cuya anchura, *E_g*, es una característica del semiconductor en cuestión.*

En cuarto lugar, en los textos en español, se observa que el pronombre hace referencia a la entidad mencionada en la oración anterior en último lugar, a diferencia del inglés que prefería recuperar la entidad situada en posición temática:

Ejemplo 110 (anexo 10)

*(167) En el colapso gravitatorio, la singularidad es inevitable siempre que se formen **regiones atrapadas**. (168) La aparición de ÉSTAS no está rigurosamente probada, pero todo parece indicar que así será a través de la extensión realizada de los trabajos de Chandrasekhar y Oppenheimer y, también por la observación de la existencia de púlsares: estrellas de neutrones de masa enorme y radio muy pequeño.*

Ejemplo 111 (anexo 8)

*(138) En el $Mn_{1-x}Zn_x$, y a 127 grados K, hay **una segunda transición**; (139) consiste ÉSTA en una contracción de volumen, cambio de estructura magnética y reducción en el valor de los momentos magnéticos, que se interpreta como un incremento en la deslocalización de los electrones de valencia.*

Ejemplo 112 (anexo 7)

*(72) Al cortar un cristal de un semiconductor para formar una superficie, aparecen enlaces direccionales rotos, que representan **una enorme energía**. (73) Para rebajarLA, los átomos que se encuentran en la superficie se desplazan bastante de las posiciones equivalentes a las que ocuparían en el volumen.*

Ejemplo 113 (anexo 10)

*(170) si el universo es cerrado -finito espacialmente- de nuevo parece inevitable la aparición de regiones atrapadas, como prueba la existencia observada experimentalmente, de **la radiación de fondo**; (171) la alta isotropía de ÉSTA, a su vez, denuncia la posible existencia de una singularidad, que normalmente se interpreta como la gran explosión.*

En todos los ejemplos mencionados el pronombre hace referencia a una entidad de la oración anterior. En español se registra un caso en el que la mención previa de la entidad a la que el pronombre se refiere no está explícita en la oración anterior. En concreto se trata del ejemplo 103, citado anteriormente como ejemplo de pronombre personal sujeto.

A continuación se presentan los casos de recuperación de una entidad mediante pronombre hallados en los textos en inglés y en español.

RECUPERACIÓN DE UNA ENTIDAD MEDIANTE PRONOMBRES

TEXTOS	PRONOMBRES
--------	------------

TEXTOS EN INGLÉS

1. <i>The quantum effect device: tomorrow's transistor?</i>	They (15) They (18) It (24) They (27)	It (47) It (77) They (85) They (95)	
2. <i>Microclusters</i>	They (4) They (48) It (90) They (126)	It (128) He (134) They (162)	
3. <i>Progress in gallium arsenide semiconductors</i>	It (6) He (14) They (20) For them (75) They (87)	They (91) They (94) It (96) Of them (112) They (124)	It (126) Among them (137) It (143) They (161) They (209)
4. <i>The silicon retina</i>	It (2) They (7) They (14) It (40) It (44)	It (74) They (108) It (110) It (113) It (145)	
5. <i>Microlasers</i>	They (15) It (77) Them (81)		
6. <i>Single electronics</i>	They (9) It (18) They (22) They (30) They (33) They (153)	They (154) They (176) They (178) It (192) It (198)	

TEXTOS	PRONOMBRES
--------	------------

TEXTOS EN ESPAÑOL

7. <i>La física de superficies</i>	Suya (23) Entre otros (58) Para rebajarla (73) Estos (107)	Una de ellas (110) Ésta (112) Por encima de ella (145) De éste (180)	
8. <i>Transiciones de fase en las perovskitas</i>	Todas (106) Esta (139) En ella (147) De ellos (154)		
9. <i>Propiedades de los microagregados metálicos</i>	Les (2) Éste (18) Con ella (78) Estos (147) ionizarlos (192)		
10. <i>Singularidades en relatividad general</i>	A ésta (2) Entre todas ellas (5) Las unas ... las otras (10) Ésta (12) Todas ellas (21)	Éste último (34) Ésta (50) De él (71) Le (79) Todos ellos (93)	Él (126) De éstas (168) De ésta (171) Todos (235) Les (248)
11. <i>Espectroscopía astrofísica con fibras ópticas</i>	En éstas (2) Éste (69) Éstos (73) En aquellas (95) Por tales (133)		
12. <i>Células solares muy eficientes</i>	Desmantelarlas (5) Éstas (10) En ésta (24) La primera (38) En él (60) Las (133)	Las (149) Ésta (179) En ésta (209) La que (227) Les (236)	

6.5. ENTIDAD COINCIDENTE: RECUPERACIÓN MEDIANTE POSESIVO

La última modalidad que presentaré de recuperación de una entidad mencionada en la oración anterior mediante otra expresión es la recuperación mediante posesivo. Es importante comentar que no todos los usos del posesivo son

cohesivos. Sólo se consideraran enlaces por cohesión aquellos casos en los que la entidad a la que se refieren está en la oración anterior.

El procedimiento de recuperación mediante posesivo de una entidad de la oración previa es habitual en los textos en inglés y en español y las tendencias que se aprecian son en este caso similares en las dos lenguas. Por un lado, la palabra a la que hace referencia el posesivo suele ocupar posición inicial en su oración. Por otro, la entidad que lleva como determinante el posesivo también ocupa posición inicial y, en la mayoría de los casos, es el sujeto de la oración como puede verse en los siguientes ejemplos.

Ejemplo 114 (anexo 6)

*(0.1) Is **electric current** the motion of individual electrons or the continuous flow of a fluid of charge? (0.2) Nevertheless, ITS speed and optical capabilities have spawned fast-growing applications in computing and communications.*

Ejemplo 115 (anexo 10)

*(107) En 1922 y 1924, **el matemático soviético A. Friedman** estudió los primeros modelos cosmológicos con singularidad real; (108) SU trabajo fue ampliado posteriormente por A.P. Robertson y más tarde por Walker.*

Ejemplo 116 (anexo 10)

*(69) **Laplace**, mucho antes del advenimiento de la RG, demostró que la fuerza atractiva [gravitatoria] de un cuerpo pesado podría ser tan grande que la luz no sería capaz de fluir fuera de él. (70) SU razonamiento es simple y claro.*

En estos dos ejemplos del español que acabamos de ver el posesivo tiene referencia personal, pero esto no quiere decir que el posesivo no permita recuperar también entidades no personales, ya que se encuentran también varios ejemplos como los siguientes:

Ejemplo 117 (anexo 8)

(178) **Este material** tiene una temperatura crítica de 110 grados K, razonablemente alta; (179) SU interés proviene del éxito en la síntesis de una fibra mediante las técnicas empleadas para la fabricación de fibra óptica.

Ejemplo 118 (anexo 10)

(184) **La interacción de ondas gravitatorias** es no lineal. (185) El resultado producido en SU colisión no difiere, por tanto, del antedicho y resulta inesperado.

Como puede verse en todos estos ejemplos, la entidad que el posesivo recupera ocupa en la oración inicial posición temática. Sin embargo, es posible encontrar algún caso en el que la entidad no personal no ocupa dicha posición inicial como en el fragmento siguiente:

Ejemplo 119 (anexo 8)

(145) El llenado electrónico de la banda de valencia puede hacerse de forma continua, sustituyendo átomos de Mn intersticial por cinc o galio **en las disoluciones sólidas Mn_xM_1xN** . (146) En SU diagrama de fase estructural y magnético aparece una fase magnética parcialmente desordenada denominada vidrio espinorial.

6.6. ENTIDADES TÁCITAS CON AUSENCIA SEÑALADA

Me ocupo en este apartado de la omisión de entidades. Se trata del procedimiento de cohesión que los estudiosos del tema denominan elipsis. En el tratamiento de la cohesión por elipsis el gran problema que se plantea es si clasificar como tales todos los casos de información implícita recuperable gracias al cotexto. Los resultados obtenidos y mi interés exclusivo por las relaciones entre oraciones hacen que no sea necesario tratar los numerosos problemas que la elipsis plantea en

los estudios de la cohesión y en los estudios gramaticales⁽³⁸⁵⁾ y que resulte, en cambio, interesante distinguir varias posibilidades de cohesión por entidades tácitas, denominación que emplearé aquí para referirme a este procedimiento. Aquí me interesa la elipsis que supone omisión de información dada, y más en concreto de una entidad mencionada previamente. Un tratamiento detallado de la elipsis superaría los límites de un estudio de la cohesión. De cara a la cohesión, sólo interesa realmente la elipsis de las entidades que conectan la información de la nueva oración con la anterior. Se trataría de omisión de información dada recuperable en el cotexto, fenómeno que Downing y Locke (1992, 241) denominan «elipsis textual».

En los textos analizados, existen dos tipos de omisiones de entidades: omisiones señaladas y omisiones implícitas.

Un primer tipo son pues las omisiones «señaladas», es decir, los casos en los que la «señalización gramatical» permite percibir la presencia de la entidad mencionada en la oración anterior. Así, en el ejemplo ya citado, «*George Gamow*» (O. 123) es también el sujeto de los verbos de la oración 24 «conocía», «concedió» y «pensaba», pero no aparece expreso en ningún de los dos casos:

Ejemplo 120 (anexo 10)

*(124) Entretanto, fue **George Gamow** el primero en realizar un cálculo moderno de aparición de elementos en los modelos de Friedman; (125) aunque (*) CONOCÍA la existencia de la singularidad inicial, como otros muchos no le (*) CONCEDIÓ importancia, pues (*) PENSABA que se debía a una fase previa de contracción del universo en la que toda la materia se había deshecho en sus constituyentes elementales (partículas elementales).*

Se puede hablar de «ausencia señalada gramaticalmente» porque las características gramaticales del español permiten ofrecer cierta información sobre esa

(385) Véase por ejemplo el tratamiento de la elipsis que realiza Mederos (1988) en su estudio de la cohesión o el que llevan a cabo Quirk et al. (1985).

entidad que se omite, en concreto el número, y en el caso de los adjetivos, también el género. Este tipo de omisión no se registra en los textos ingleses analizados. En inglés todo verbo debe llevar sujeto. En los textos españoles, en cambio, es muy frecuente la omisión de la entidad en el caso de que vaya a ser el sujeto de oración, tanto en el caso de entidades personales como no personales.

Ejemplo 121 (anexo 11)

*(0.1) **Las fibras ópticas** pueden transformar imágenes bidimensionales en unidimensionales. (0.2) En astrofísica, (*) PERMITEN la observación simultánea de un gran numero de objetos o de muchas regiones de un objeto extenso.*

Ejemplo 122 (anexo 7)

*(183) **Los ejemplos reseñados en este artículo** describen parte del esfuerzo realizado en los últimos años en el laboratorio de superficies de la UAM. (184) Aunque (*) NO CUBREN toda la riqueza de la física de superficies e interfase, sí pueden considerarse representativos de la fase explosiva de crecimiento que ésta atraviesa desde hace unos años en todo el mundo.*

Ejemplo 123 (anexo 9)

*(160) Para otros metales, como el bario, se encuentran **números mágicos** sin nada que ver con el número de electrones; (161) (*) OBEDECEN, por contra, a motivos geométricos.*

En los textos españoles es frecuente también la omisión de la entidad tras determinados adjetivos. En mi opinión, la presencia de la marca de género permite estas ausencias:

Ejemplo 124 (anexo 10)

*(1) Entre las muchas y diversas contribuciones revolucionarias y geniales de Albert Einstein (1879-1955) a la física se encuentra **la teoría de la relatividad general**. (2) No se debe confundir a ÉSTA con **la relatividad especial**. (3) LA SEGUNDA no es más que una teoría*

en la que se relacionan diferentes observadores inerciales, mientras que LA PRIMERA es una teoría de la gravitación, o más precisamente de la interacción gravitatoria.

Y especialmente en el caso del superlativo:

Ejemplo 125 (anexo 12)

*(170) Pero no es **éste el único mecanismo de recombinación**. (171) EL MÁS COMÚN es el descrito en 1952 por Shockley, Read y Hall, que establece que ciertas impurezas o imperfecciones en el semiconductor actúan como trampas o centros de recombinación.*

En el ejemplo que presento a continuación podemos observar dos oraciones que comparten entidades, «el diagrama» y «las bandas», pero que no se mencionarán en la segunda oración. Los casos de elipsis de una de esas entidades los he señalado con el símbolo (*) y corresponden al sujeto del verbo que sería «el diagrama de bandas» y a al nombre «bandas» que se sobreentiende detrás del numeral. Si tuviésemos que elegir una de las omisiones como enlace de cohesión principal sería en mi opinión la omisión del sujeto:

Ejemplo 126 (anexo 12)

*(16) Para estudiar los semiconductores es corriente hacer uso de **un diagrama de bandas**. (17) (*) Se compone de TRES (*): la (*) de valencia, la (*) prohibida y la banda de conducción.*

6.7. ENTIDADES TÁCITAS SIN SEÑALIZACIÓN

La segunda posibilidad de recuperación de entidades tácitas es la recuperación de entidades implícitas. En este tipo de omisiones, la ausencia de la entidad no está señalada gramaticalmente, y su recuperación está ligada al significado de las palabras.

Como mecanismo de cohesión especial son pocos los autores que tratan aparte este tipo de omisión. Lo tiene en cuenta Stoddard (1991, 45), pero sólo cita el caso que denomina «agente desplazado» y que hace referencia a todas esas construcciones pasivas y participios de presente o de pasado en las que no se menciona el agente como la expresión «*It was said*». Es necesario advertir que estas omisiones son cohesivas sólo cuando la entidad omitida ha sido mencionada en una oración anterior.

En los textos analizados no he encontrado ningún ejemplo de cohesión por omisión del agente en construcción pasiva, pero sí he encontrado omitidos agentes de sustantivos verbales y también las entidades implicadas en muchos participios y adjetivos. Tanto en los textos en inglés como en los textos en español, la relación entre dos oraciones que no tienen aparentemente entidades coincidentes se establece gracias a un participio o un nombre deverbal que conecta con la información dada previamente. Este participio o ese nombre deverbal alude a una acción verbal en la que pueden estar implicadas diversas entidades y circunstancias y una de esas entidades o circunstancias se ha mencionado en la oración anterior. Se trata por tanto de palabras relacionadas con un verbo como sucede en el ejemplo siguiente con el participio «observados» (O. 12) del verbo «observar». Este verbo lleva aquí implícita la circunstancia de lugar que se ha mencionado en la oración anterior, ya que se trata de «los comportamientos observados en las perovskitas»:

Ejemplo 127 (anexo 8)

*(11) En este artículo pretendemos ilustrar las propiedades más relevantes de **las perovskitas**, mostrar los cambios de fase más característicos, la variación de propiedades que producen y las herramientas experimentales que permiten su estudio. (12) Además, se avanza, a la luz de los conocimientos actuales, las causas microscópicas de LOS COMPORTAMIENTOS OBSERVADOS.*

Otro ejemplo de un texto español es el siguiente en el que encontramos el participio «asociado» (O. 172).

Ejemplo 128 (anexo 8)

(165) **Al aplicar un campo magnético a un superconductor se inducen supercorrientes en una capa superficial de pequeño espesor que expulsan el flujo magnético del interior del material.** (166) ESTE EFECTO recibe el nombre de su descubridor, W. Meissner. (167) La expulsión de flujo es completa si dicho campo es inferior a H_c (campo crítico inferior). (168) AHORA BIEN, los superconductores de alta temperatura crítica son de tipo II; (169) **Ello quiere decir que, a campos magnéticos mayores H_{c2} , el flujo magnético penetra en el material, existiendo regiones en forma de tubos que están en fase normal, rodeadas de torbellinos de corrientes superconductoras.** (170) Los torbellinos pueden moverse transversalmente por la acción de campos magnéticos y de corrientes eléctricas. (171) Las tensiones locales, las fronteras de grano y otros defectos del cristal tienden a fijar los tubos de flujo y determinan los valores de las corrientes y campos críticos, H_{c2} , para los cuales el material pasa al estado normal. (172) El diamagnetismo ASOCIADO es intenso, fácilmente detectable con técnicas de medidas de susceptibilidad magnética alterna [véase la figura 8], permitiendo la determinación de temperaturas y corrientes críticas.

Este participio del verbo «asociar» pone en relación dos cosas. Una de las entidades es evidentemente el diamagnetismo, la otra es el efecto al que ese diamagnetismo va asociado y ese efecto se menciona en concreto en la oración 169. La oración 165 explicaba el funcionamiento del efecto Meissner; la oración 169 explica, en cambio, el efecto que se produce en los superconductores de alta temperatura crítica.

La presencia de participios y adjetivos permite recuperar entidades implícitas. Se trata de adjetivos que conllevan la posibilidad de complementos como en el ejemplo siguiente en el que «necesaria» (O. 63) hace suponer un complemento de finalidad que es la información mencionada en la oración anterior, «para conseguir el estado de ultra alto vacío»:

Ejemplo 129 (anexo 7)

(62) Esto se consigue **trabajando en condiciones de ultra alto vacío**

(UAV), donde la muestra pueda ser limpiada adecuadamente y mantenida en este estado el tiempo suficiente para realizar los experimentos planeados. (63) Habitualmente, la presión NECESARIA es muy reducida, del orden de 10^{13} atmósferas, equivalente a la presión en la superficie de la Luna, y se consigue bombeando con una variedad de dispositivos un recipiente de acero inoxidable con ventanas y puertas removibles.

Otro caso frecuente de entidades implícitas son nombres de acciones verbales. Estos nombres no corresponden a los casos de nominalización de los que hablaremos en el capítulo próximo porque no recuperan acciones mencionadas anteriormente. Se trata de acciones nuevas, en las que están implicadas entidades mencionadas anteriormente. Así, en el ejemplo siguiente, la oración 16 omite las capas de células, «*five layers of cells*» (O. 15) que son el agente de las acciones, «*sensing*» y «*processing*», ya que el complemento del nombre recupera el objeto de dichas acciones:

Ejemplo 130 (anexo 4)

*(15) The retina, in contrast, contains **five layers of cells, through which information flows both vertically (from one layer to the next) and horizontally (among neighboring cells in the same layer).** (16) The SENSING of photons and the PROCESSING of the information they contain are inextricably combined.*

Otras omisiones frecuentes son los posibles complementos del nombre de sustantivos deverbales. Evidentemente están muy relacionadas con el caso anterior y constituyen «encapsulamiento» que recupera una acción mencionada en la oración anterior. Así, en el ejemplo siguiente, la oración 125 recupera mediante nominalización el proceso verbal que en la oración anterior realiza «*shrink*» y con ello también las entidades y circunstancias afectadas, en concreto el tamaño de los micro-láseres.

Ejemplo 131 (anexo 5)

*(124) Why bother **to shrink the size of microlasers from a relatively comfortable one micron to, say, a difficult one third of a micron?***

(125) FURTHER REDUCTION could allow an order of magnitude more information to be communicated and processed with the same power requirements.

No sucede así, en cambio, en el fragmento siguiente en el que el nombre que recupera la información dada, «*reduction*» (O. 168), sí lleva un complemento del nombre que además de especificar su alcance, recupera implícitamente otra entidad, los dispositivos electrónicos de los que aquí se habla, «*the conventional electronic devices*» (O. 167).

Ejemplo 132 (anexo 6)

*(166) Although this achievement is impressive, computer designers continue to demand chips with ever higher device densities. (167) But **the conventional electronic devices** are approaching their limit. (168) Most agree that ANY FURTHER REDUCTIONS IN SIZE will require radically new ideas, and single electronics in ranked highly on this issue.*

Pero estos ejemplos constituyen encapsulamientos y son por tanto el tema del siguiente capítulo. Gran parte de los casos de nominalización y de nombre encapsulador llevan participantes implícitos como el ejemplo siguiente en el que la nominalización «*improvement*» lleva implícito el objeto del verbo.

Ejemplo 133 (anexo 5)

(49) STEADY IMPROVEMENTS () turned the tide.*

En los textos analizados son múltiples los casos de omisión de entidades. Todos los encapsulamientos hacen desaparecer las entidades y circunstancias que participan en esos procesos a los que ahora se alude. Por esta razón, en el análisis de los textos, los casos clasificados como oraciones relacionadas por la existencia de una entidad tácita son aquellos que no son casos de encapsulamiento.

6.8. ENTIDADES RELACIONADAS

Presento a continuación el último procedimiento de relación en el plano del contenido. Se trata también de lazos de cohesión creados por la presencia de una entidad relacionada. Son varias las posibilidades. En unos casos, existe una entidad tácita, pero a diferencia del caso anterior, ahora no interviene ninguna acción verbal. En otros, se repite la misma expresión pero el determinante o el modificador nos indican que la entidad a la que alude no es la misma de la oración anterior, sino una entidad relacionada.

El primer caso es el fenómeno del que ya he hablado en el capítulo anterior de la anáfora indirecta o de la relación metonímica entre entidades. Corresponde también, aunque no en todos los casos, al fenómeno denominado recuperación del eslabón perdido⁽³⁸⁶⁾. Se trata en definitiva de cohesión oracional conseguida por la presencia en la segunda oración de una entidad que guarda relación con otra entidad mencionada anteriormente.

En unos casos esta relación se percibe a simple vista, ya que las entidades relacionadas puede guardar semejanza formal como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 134 (anexo 1)

*(115) Para evitar la formación de defectos, era preciso asegurarse de que la adsorción **del metal** no dañaba la red del semiconductor; (116) para comprobar el papel de LA METALICIDAD, se requería una capa depositada cuyo carácter metálico pudiera encenderse y apagarse a voluntad.*

En este ejemplo, «la metalicidad» (O.116) y «el metal» (O.115) se perciben claramente como entidades relacionadas. Otro ejemplo de un caso similar es el fragmento siguiente:

(386) Véase lo explicado en el capítulo anterior.

Ejemplo 135 (anexo 5)

*(7) Compared with this astonishing feat, the miniaturization of **optical devices** has lagged considerably. (8) The current state of affairs in **COMMERCIALLY AVAILABLE OPTICAL TECHNOLOGY** is embodied by a device called the semiconductor diode laser, which is found in everything from compact-disc players to fiber-optic communications systems.*

En este caso, la expresión «*commercially available optical technology*» (O. 8) recupera «*optical devices*» (O. 7) gracias a una relación metonímica. Algunos autores quizá hablasen de cohesión por repetición, debido a la repetición del adjetivo «óptico», pero yo prefiero considerarlo un ejemplo de cohesión por metonimia: «*devices*» es un genérico para referirse a los componentes en concreto, mientras que el también genérico, «*technology*», alude a todo el conjunto de conocimientos implicados en la existencia de esos componentes.

Estas relaciones metonímicas entre palabras relacionadas en su forma son, en muchas ocasiones, los casos de repetición textual denominados por Hoey (1991) repetición compleja. Así, en el siguiente ejemplo hay una relación metonímica agente-proceso entre «los catalizadores» y «la catálisis»:

Ejemplo 136 (anexo 2)

*(129) Such a capability would represent a great advance, because **most industrial catalysts** are still the products of a black art. (130) Now, for the first time, **THE SECRETS OF CATALYSIS** are beginning to yield to the tools of cluster science.*

En el ejemplo que presento a continuación la relación es más compleja, se trata de la relación léxica que existe entre el atributo «inocuo» y el agente causante del efecto que aquí no se provoca, «*las emisiones de CO₂ y demás gases nocivos*» (O. 3), relación que podríamos describir como metonímica:

Ejemplo 137 (anexo 12)

(2) La electricidad fotovoltaica de origen solar es *inocua* para el entorno. (3) LAS EMISIONES DE CO₂ Y DEMÁS GASES NOCIVOS oscilan entre el 1 % Y EL 30 % de las que despide una central moderna de carbón, teniendo en cuenta en todos los casos las operaciones de extracción, construcción y explotación.

Otro ejemplo interesante es el comienzo del texto 4 del corpus inglés. En este texto la relación entre el título «*The silicon retina*» y las entidades mencionadas en la primera oración, «*a chip*» y «*the eye*» (O. 0), corresponde a lo que podríamos describir como metonimia. Así, el silicio es el semiconductor utilizado con más frecuencia en la fabricación de microcircuitos o «*chips*» y la retina es una parte del ojo.

Ejemplo 138 (anexo 4)

(0) A CHIP based on the neural architecture of THE EYE proves a new, more powerful way of doing computations.

Un tipo de relación metonímica muy frecuente es la sinécdoque. Esta relación léxica crea el lazo de cohesión entre las oraciones del fragmento siguiente en el que los espejos, «*the mirrors*» (O. 78) son una parte del láser, «*the laser*» (O. 77):

Ejemplo 139 (anexo 5)

(77) The fact that it is so thin means that for **the laser** to work, light must bounce back and forth many more times than it must for a conventional diode laser. (78) As a consequence, THE MIRRORS must have a much higher reflectivity than the 30 percent reflectivity of the conventional diode laser.

En ocasiones el autor señala de algún modo la relación metonímica existente y entonces se hace evidente la conexión entre las entidades relacionadas y la recuperación de una entidad implícita en un proceso verbal. Así, en el fragmento siguiente, «*the resulting sidewalls*» (O. 102) son las paredes del microláser

mencionado en la oración 101, y, como indica el adjetivo «*resulting*», se trata de las paredes que son el resultado del proceso mencionado en la oración anterior, «*vertically etches out*» (O. 101):

Ejemplo 140 (anexo 5)

*(101) Then, in a novel etching step, a collimated beam of xenon atoms, guided by the deposited mask, **vertically etches out each coke can-shaped microlaser**. (102) THE RESULTING SIDEWALLS are smooth, and the surface damage is minimal.*

Otro tipo de relación metonímica sería la existente entre un nombre genérico y realizaciones específicas como en el ejemplo siguiente en el que la oración 115 se mencionan casos concretos de lugares en los que se está trabajando:

Ejemplo 141 (anexo 1)

*(114) For the past four years the realization of zero-dimensional quantum structures has been the focus of attention for **workers around the world**. (115) AT THE AT&T BELL LABORATORIES, IBM, THE MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE AND THE PHILIPS RESEARCH LABORATORIES, size quantization in quantum wires has been demonstrated in silicon and gallium arsenide devices alike;*

Veamos otro ejemplo interesante de relación metonímica:

Ejemplo 142 (anexo 4)

*(122) Furthermore, **in both neural and silicon systems**, the active devices - be they synapses or transistors - occupy no more than 1 or 2 percent of the space; (123) «**wire**» occupies THE REMAINING AREA. (124) One can be sure, therefore, that THE LIMITATION OF CONNECTIVITY has forced the design of many parts of the brain into a highly specific form.*

En este fragmento, los lazos cohesivos que establecen la relación entre

las oraciones pueden pertenecer a varios tipos. Así la expresión «*the remaining area*» que establece la relación entre la oración 123 y la oración 122 supone la omisión de una entidad previamente mencionada, «*in both neural and silicon systems*» (O. 122), ya que son los sistemas cuyo espacio se ocupa. Esta omisión supone a su vez una relación metonímica parte-todo entre estas dos entidades, «*area*» y «*systems*» y, además, entre «*area*» (O. 123) y «*space*» (O. 122) existe una relación de sinonimia.

También existen dos posibilidades de relación de la oración 124 con las anteriores. Por una parte, una relación metonímica entre «*wire*» (O. 123) y «*connectivity*» (O. 124), ya que «los cables» son el medio de conseguir esa cualidad, «la conectividad». Por otra, un encapsulamiento de las oraciones 122 y 123 mediante el nombre «*limitation*» (O. 124), que nos aclara el valor negativo de la condición de que las conexiones ocupen más del 90 por ciento. Este ejemplo nos sirve también para ilustrar de nuevo el medio más habitual de presentar implícitas entidades, el encapsulamiento. En este caso el grupo nominal del nombre encapsulador «*limitation*» permite mantener en la oración las entidades implicadas que normalmente el encapsulamiento hace desaparecer de la superficie del texto.

La última posibilidad que presento de entidad relacionada es frecuente tanto en los textos en inglés como en los textos en español. Se trata de recuperar otra entidad del mismo tipo de la mencionada anteriormente y se manifiesta formalmente por la presencia de una expresión comparativa o del determinante «*another*» u «*other*», en inglés y «otro» en español. Aparentemente podríamos hablar de repetición, ya que se repite una expresión mencionada en la oración anterior, pero entre las dos no existe coincidencia en la referencia.

Ejemplo 143 (anexo 6)

(132) In 1982 Allen Widom, Terry Clark and their collaborators at the University of Brighton first suggested **a rudimentary theory** for such phenomena in superconducting tunnel junctions. (133) Then, in 1984, Alexander Zorin of Moscow State University and one of us (Likharev) developed A MORE REFINED AND REALISTIC THEORY.

La expresión en comparativo «*a more refined and realistic theory*» (O. 133) presenta una nueva teoría, pero recupera la de Widom, Clark y sus colaboradores mencionada en la oración 132 al compararse con ella. Otro caso con comparativo también de un texto inglés es el fragmento siguiente, en el que la expresión «*a weaker positive potential*» (O. 36) recupera la tensión positiva más elevada que se aplicaba en la oración anterior:

Ejemplo 144 (anexo 1)

*(35) **A positive voltage** is applied to the drain; (36) when A WEAKER POSITIVE POTENTIAL is also applied to the gate, electrons cluster in the silicon channel under the gate and create a bridge of negative charge carriers between the two n-doped regions.*

Los casos en los que es el determinante indica la recuperación de una entidad relacionada son muy frecuentes tanto en inglés como en español como sucede en los ejemplos siguientes con las expresiones, «*other illusions*» (O.88), «*at other voltages*» (O. 92) y «otra simplificación importante» (O.23):

Ejemplo 145 (anexo 4)

*(85) In subsequent tests, we found our silicon retina to be subject to **many of the same optical illusions that humans perceive**. (86) **The most obvious illusion** is that of simultaneous contrast: (87) a gray square appears darker when placed against a white background than when placed against a black background. (88) OTHER ILLUSIONS include the Mach bands (apparent bright and dark bands adjacent to transitions from dark to light) and the Herring grid, in which gray spots appear at the intersection of a grid of white lines.*

Ejemplo 146 (anexo 1)

*(91) **At voltages where tunneling occurs**, current is enhanced by the high density of states and by resonance effects to create a peak; (92) AT OTHER VOLTAGES, the total absence of states at energies intermediate between quantum levels ensures that very little tunneling occurs, and a valley in the current is thus created.*

Ejemplo 147 (anexo 8)

*(22) Sin embargo, todo investigador sabe igualmente que esta tarea, objeto de la física de estado sólido, no es posible sin **simplificaciones**, y una de las mayores ayudas son el orden periódico inherente al estado cristalino y la simetría. (23) OTRA SIMPLIFICACIÓN IMPORTANTE es la relativa a la localización de los electrones;*

Para concluir este capítulo dedicado a la cohesión en el plano del contenido, veamos cómo se alternan estas posibilidades de recuperación de una entidad en uno de los textos analizados. En el fragmento que presento a continuación⁽³⁸⁷⁾ el autor se refiere a la teoría de la relatividad general de varias formas. Así, podemos encontrar la expresión completa, «la teoría de la relatividad general» (O. 1); el pronombre «ésta» (O. 2); la presencia de los adjetivos «la primera» (O. 3) y «la gravitatoria» (O. 4), expresión que se repite en (5) y cuya equivalencia el autor ha aclarado previamente; de nuevo un pronombre, «/e» (O. 6); los adjetivos «la única relevante» (O. 7) y por último, mediante la expresión sinónima, «la fuerza de la gravedad» (O. 8). En este caso, además, merece la pena señalar como la expresión «la fuerza de la gravedad» recupera el tópico como complemento de la nominalización «prevalencia» que encapsula la información de la cláusula anterior:

Ejemplo 148 (anexo 10)

(1) Entre las muchas y diversas contribuciones revolucionarias y geniales de Albert Einstein (1879-1955) a la física se encuentra LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD GENERAL. (2) No se debe confundir a ÉSTA con la relatividad especial. (3) LA SEGUNDA no es más que una teoría en la que se relacionan diferentes observadores inerciales, mientras que LA PRIMERA es una teoría de la gravitación, o más precisamente de la interacción gravitatoria. (4) Conocemos cuatro interacciones fundamentales, a saber, las nucleares débil y fuerte, la electromagnética y LA GRAVITATORIA. (5) Entre TODAS ELLAS, y con mucho, LA GRAVITATORIA es la más débil. (6) Sin embargo, ESTO no LE otorga una categoría inferior; (7) TODO LO CONTRARIO: se trata de LA ÚNICA RELEVANTE para el estudio de fenómenos a

(387) Las expresiones en mayúsculas son las que establecen la cohesión por entidad coincidente, relacionada o encapsulamiento. El subrayado indica anuncio.

gran escala, para fijar ideas a escalas planetarias o mayores.

(8) La causa de LA PREVALENCIA DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD es que, por una parte, las interacciones nucleares son de corto alcance - para tamaños del orden del núcleo atómico - y no revisten interés para fenómenos planetarios estelares o cosmológicos.

Con este ejemplo se demuestra, pues, que la cohesión no consiste en presentar en el texto expresiones que sustituyen a la expresión mencionada en primer lugar, sino que se trata de expresiones que actúan como etiquetas que permiten identificar esa entidad a la que el texto se refiere y permiten añadir la información nueva, a partir de lo que se ha dicho ya y que adquiere así la categoría de información dada.

VII. LAS RELACIONES ORACIONALES EN EL PLANO INTERACTIVO: EL ENCAPSULAMIENTO

El encapsulamiento es el procedimiento que permite integrar el contenido en la intención. Al recuperar lo ya dicho para presentar lo nuevo, contribuye a la cohesión textual y hace avanzar el discurso en la dirección deseada; es decir, retomar lo dicho para explicar por qué se dice.

Desde el punto de vista de la contribución de la cohesión a la coherencia, el encapsulamiento es el procedimiento que exige cierta interpretación por parte del lector debido a la posibilidad que presenta de encapsulación de fragmentos de texto muy amplios. Esta encapsulación se manifiesta especialmente en la superficie del texto, ya que hace desaparecer las entidades de las que se está hablando.

Los diferentes tipos de encapsulamiento hallados en los textos analizados son: a) la nominalización, b) la utilización de un nombre de referencia textual, c) el pronombre, d) el adverbio y e) el encapsulamiento tácito.

7.1. ENCAPSULAMIENTO MEDIANTE NOMINALIZACIÓN

Uno de los procedimientos de encapsulamiento más habituales es la nominalización. La nominalización ha sido muy estudiada por los lingüistas interesados por la gramática sistémico-funcional y su estudio aparece ligado a la

lengua inglesa y al texto escrito. Se considera uno de los tipos de metáfora gramatical más frecuente⁽³⁸⁸⁾ y está vinculada al «tema»⁽³⁸⁹⁾. También se ha considerado uno de los procedimientos fundamentales de creación del léxico técnico⁽³⁹⁰⁾. En los trabajos sobre el español, aparece unida al término «sustantivación»⁽³⁹¹⁾. En mi opinión, «sustantivación»⁽³⁹²⁾ y «nominalización» podrán usarse indistintamente, siempre que se tenga en cuenta la distinción entre su funcionamiento como mecanismo de creación del léxico y como mecanismo de creación textual.

Es necesario, pues, hacer una puntualización en torno al funcionamiento de la nominalización, ya que designa dos procesos diferentes, un mecanismo de creación léxica y un mecanismo de recuperación de información dada. Cuando se habla de nominalización como proceso de creación léxica, se trata de dotar de un nombre propio a una acción que tiene unas condiciones y características particulares que ese nombre permitirá identificar. Como mecanismo de cohesión textual, nos interesa su capacidad de encapsular la información dada previamente, en concreto un proceso verbal.

La nominalización como mecanismo de cohesión exige la presencia en la oración anterior de un proceso verbal al que esa forma nominal que aparece en la oración siguiente hace referencia. En el fenómeno de la nominalización puede

(388) Véase Halliday (1994, 352) y Downing y Locke (1992, 149).

(389) En relación con el lenguaje científico, podemos mencionar de nuevo el trabajo de Halliday (1993), del que he hablado en el capítulo 2.

(390) Véase así, Martin (1993, 203-220) y recuérdese lo dicho en el capítulo 2.

(391) Nuñez Ladevezé (1993, 154-157) en su estudio de la construcción del texto habla del «estilo nominal» y trata el tema de la «sustantivación» de los adjetivos.

(392) El término sustantivación se emplea preferentemente en gramática para referirse a la sustantivación de los adjetivos y de las oraciones de relativo entre otros fenómenos gramaticales. Véase así la Gramática de la R.A.E (1973). La relación de estas sustantivaciones con la cohesión se manifestará en el anuncio, ya que los adjetivos sustantivados y las oraciones de relativo funcionan con anuncio de información nueva; función que el mismo Halliday (1994, 42) reconoce. Y en español encontraremos también casos de encapsulamiento mediante adjetivos y participios sustantivados.

observarse una gradación desde la forma más próxima al verbo, la forma *-ing*, en inglés, y el infinitivo en español, hasta el nombre. No todos los casos de nominalización que aparecen en los textos actúan como lazos de cohesión. Se pueden dar casos de nominalizaciones que no se refieren a ninguna acción de la oración anterior como el ejemplo siguiente:

Ejemplo 149 (anexo 4)

(15) The retina, in contrast, contains five layers of cells, through which information flows both vertically (from one layer to the next) and horizontally (among neighboring cells in the same layer). (16) The SENSING of photons and the PROCESSING of the information they contain are inextricably combined.

Este fragmento, que ya he mencionado en el capítulo anterior, presenta dos acciones «*sensing*» y «*processing*» (O. 16), que son nominalizaciones, pero no funcionan aquí como lazos de cohesión, ya que como tales acciones no se han presentado en la oración 15. Sin embargo, estas nominalizaciones constituyen también la vía de introducción de entidades implícitas como he comentado en su momento.

Cuando hablamos de cohesión mediante nominalización se trata de la mención mediante nombre del proceso particular y puntual del que se habla en la oración anterior como en el ejemplo siguiente sucede con «*the expansion*» (O. 30):

Ejemplo 150 (anexo 2)

*(29) It sweeps the clusters along into an evacuated chamber, **where the pressure differential causes the spray to expand supersonically.** (30) Collisions that take place during THE EXPANSION cool the clusters to a temperature near absolute zero, stabilizing them for further study.*

En los estudios de la cohesión, la nominalización se mantiene aparte

de los mecanismos léxicos y gramaticales ligada a la distinción tema/remata⁽³⁹³⁾, o no logra adquirir la categoría de mecanismo especial⁽³⁹⁴⁾. La importancia de este proceso en la construcción del texto ha sido destacado por Downing (1991, 109-123), quien nos dice que consigue un triple efecto. Por una parte, logra una mayor concentración de la información experiencial que se hace patente especialmente en el caso de los grupos nominales complejos. En segundo lugar, la información se presenta de forma más impersonal⁽³⁹⁵⁾, ya que desaparecen muchos de los elementos interpersonales: pronombres personales o verbos modales. En tercer lugar, ofrece nuevas posibilidades de organización textual y confirma la relación que existe entre la cohesión y la distinción tema/remata. En palabras de Downing (1991, 121), la metáfora gramatical consigue: en primer lugar, una *«progresión temática lineal simple»* mediante la cual *«el Rema de una oración proporciona el Tema de la oración siguiente»*; en segundo lugar, permite *«resumir el contenido de un párrafo anterior de cierta extensión antes de pasar a dar la información nueva»* y finalmente *«facilita la distribución de información nueva hacia el final de la oración»*

El mecanismo de la nominalización consiste pues en un nombre que absorbe una cláusula, con los participantes o circunstancias que lleve asociados, o varias cláusulas cuando se trata de dos o más procesos o sucesos relacionados entre sí. Mediante la nominalización, un proceso verbal, un atributo o una circunstancia se convierten en entidad participante en otro proceso verbal como observamos en los ejemplos siguientes:

(393) Halliday (1985, 308-309) considera que el «tema» constituye uno de los recursos internos para proporcionar a la cláusula una categoría especial en relación con el resto del discurso, pero no se integra con los mecanismos «no-estructurales», de la «referencia», la «elipsis», la «conjunción» y la «organización léxica».

(394) Mederos (1988, 95) incluye la nominalización dentro de la reiteración y nos dice: *«Junto a los casos anteriores hallamos muy frecuentemente otros en que los términos anafóricos pertenecen a categorías distintas. Lo normal es que el antecedente tenga como centro un verbo»*.

(395) La relación entre la metáfora gramatical y el distanciamiento entre el emisor y el receptor lo mencionan, entre otros, Eggins, Wignell y Martin (1993).

Ejemplo 151 (anexo 1)

*(21) Most functions are carried out by transistors, which **act essentially as switches**. (22) In a transistor the speed and precision with which SWITCHING can be controlled, as well as the power needed to produce the switching, has everything to do with the time and cost per function attained by the device.*

Ejemplo 152 (anexo 3)

*(57) The other major superiority of gallium arsenide over silicon lies in **the much greater ease with which the separations between its electronic bands, or energy levels, can be engineered**. (58) SUCH «BAND-GAP ENGINEERING» can produce versatile optoelectronic capabilities and more flexible transistor designs.*

La nominalización tiende a encapsular la información dada en la oración previa, pero es posible encontrar casos en los que el encapsulamiento abarca unidades diferentes. En algunas ocasiones ni siquiera encapsula toda la oración, sino una de sus cláusulas como en el fragmento siguiente:

Ejemplo 153 (anexo 1)

*(73) Hence when a layer of ALGAAS thinner than 200 angstroms is sandwiched between two pieces of doped GaAs, **the electrons tunnel through it to the gaas on the other side**. (74) THIS TUNNELING is one kind of quantum effect.*

Como vemos, «*this tunneling*» (O. 74) recupera de forma implícita los participantes asociados al proceso verbal «tunnel» que se han mencionado en la cláusula final de la oración anterior, los electrones y el arseniuro de galio (O. 73).

Otro caso en el que la nominalización sólo recupera parte de la oración anterior es este otro fragmento en el que la expresión «*this nimbleness*» (O. 38) recupera el nombre que funciona como atributo de la oración previa y las entidades mencionadas en la oración de relativo que lo acompaña:

Ejemplo 154 (anexo 3)

*(37) Electron mobility, on the other hand, is **the ease with which the balls evade the obstacles**. (38) In part, we can think of THIS NIMBLENESS as if it reflected the size of the balls: (39) A SMALLER, QUICKER BALL hits fewer obstacles.*

«*This nimbleness*» (O. 38) hace alusión directa al proceso verbal «*evade*» y a la circunstancia «*the ease*» e implícitamente a los participantes, «*the balls*» y «*the obstacles*» (O.37), aunque uno de estos participantes, «*a smaller, quicker ball*», se recupera después implícitamente en la oración 39. Aquí, la entidad relacionada recupera en el comparativo, la entidad anterior «*the balls*» (O. 38).

Sin embargo en ocasiones la nominalización abarca unidades mayores y engloba oraciones previas. En el ejemplo siguiente tomado del español, el efecto encapsulador de la nominalización se extiende al párrafo anterior:

Ejemplo 155 (anexo 12)

*(8) Sin embargo, **el reto sigue siendo abaratar esta energía, aun cuando se ha avanzado mucho ya en ese sentido: (9) hoy es unas siete veces más barata que hace veinte años, pero todavía hay que abaratarla entre dos y cuatro veces para que sea rentable en competencia con otras fuentes convencionales.** (10) (O quizá, tan sólo, esperar que éstas suban de precio).*
(11) Desde la primera crisis de la energía ha habido una saludable competencia entre dos concepciones sobre cómo lograr ESTE ABARATAMIENTO:...»

En este fragmento, la expresión «*abaratamiento*» de la oración 11, que inicia el nuevo párrafo recupera todo el párrafo anterior.

Estos ejemplos muestran que la nominalización permite recuperar «cantidades» diferentes de información y al mismo tiempo hace desaparecer del texto muchas de las entidades y circunstancias implicadas en el proceso verbal que nominaliza.

Pero la nominalización permite la expresión explícita en el grupo nominal de algunas de las entidades o las circunstancias que se han mencionado en la oración anterior. Son varias las posibilidades de aparición de las entidades que intervienen en ese proceso que se nominaliza. En el siguiente fragmento observamos como el complemento del nombre «*control*» recupera la cláusula de relativo que acompaña al nombre:

Ejemplo 156 (anexo 5)

*(86) Just as important as the ability of molecular-beam epitaxy to form an entire microlaser in one step is **the precision with which it can form the thickness of each layer**. (87) CAREFUL CONTROL OF LAYER THICKNESS is particularly important in fabricating the mirrors.*

También es frecuente la aparición de alguna entidad como premodificador como en el siguiente fragmento:

Ejemplo 157 (anexo 1)

*(7) As a physicist with Texas Instruments, Incorporated, **I have for many years been aware of the urgency of developing a new frontier for semiconductor devices**. (8) In 1982 my colleague Pallab K. Chatterjee published a study that heightened MY CONCERN by stressing how close the downscaling endpoint was.*

En este ejemplo en el que la expresión «*my concern*» encapsula la información de la oración 7, observamos que el participante sujeto se recupera como modificador. De igual forma, en el siguiente ejemplo, el compuesto «*energy requirement*» (O. 89) recupera «*the amount of energy it takes*» (O. 88) y «*energy*» aparece como premodificador de la nominalización «*requirement*»:

Ejemplo 158 (anexo 2)

*(88) Further information about the electronic configuration of clusters can be gleaned **from the amount of energy it takes to eject an electron from one of them**. (89) In the case of molecules, **THIS ENERGY REQUIREMENT** is called the ionization potential;*

En este caso, además, la nominalización va acompañada de sinonimia, al igual que sucede en los ejemplos que presento a continuación. He comentado ya al tratar la recuperación de una entidad mediante sinónimo, que en realidad la sinonimia es una posibilidad presente en todos los mecanismos.

Ejemplo 159 (anexo 2)

*(116) CLUSTERS are ideal laboratories for studying active sites because **their unfilled bonding capacity makes them adsorb readily and their small size limits the number of possible adsorption geometries.** (117) THIS CONSTRAINT also makes them likely sources of highly specific catalysts, which do what they are intended to do and no more. (118) THAT SPECIFICITY is highly prized in industry, because many catalysts speed undesired reactions just as effectively as they speed desired ones.*

Ejemplo 160 (anexo 5)

*(45) **Investigators at Bell Labs built surface-emitting lasers by sandwiching films of gallium arsenide that measured from one eighth of a micron to a few microns thick between mirrors and gluing the entire stack together.** (46) To sensible people, the notion of turning SUCH A PROCEDURE into a practical technology was silly; (47) FABRICATION bordered on black magic, and THE DEVICES were of poor quality.*

Así, en el fragmento 159, «*this constraint*» (O. 117) recupera el proceso que aparece expresado en la oración 116, por el verbo «*limits*». En el segundo ejemplo, «*fabrication*» (O. 47) recupera mediante nominalización y sinónimo el proceso de la oración 45, «*built*» y lleva implícito lo fabricado, «*surface-emitting lasers*» (O. 45) y el modo de hacerlo, «*by sandwiching films of gallium arsenide ... and gluing the entire stack together*» (O. 45). Esta oración 45 completa se había encapsulado, a su vez, en la 46 mediante la expresión «*such a procedure*».

La nominalización permite recuperar diferentes tipos de procesos. En algunos casos la nominalización encapsula un proceso atributivo:

Ejemplo 161 (anexo 2)

(12) Other properties stem from clusters' unfilled electronic bonding capability, which leaves them «naked» **and hence extremely reactive**. (13) **THIS REACTIVITY** makes them effective tools for the study of the solid state and, potentially, for such industrial processes as the growing of crystals, selective chemical catalysis and the creation of entirely new materials with made-to-order electronic, magnetic and optical properties.

Incluso permite recuperar la modalidad:

Ejemplo 162 (anexo 2)

(128) It also suggests that **specifically adsorptive clusters might be chosen by size and deposited on a substrate for industrial catalysis, whereas unreactive clusters might be selectively deposited to form protective coatings**. (129) **SUCH A CAPABILITY** would represent a great advance, because most industrial catalysts are still the products of a black art.

Ejemplo 163 (anexo 4)

(115) When showing an image to the digital retina, for example, **we must constantly keep it in motion**, or the retina will adapt and no longer perceive it. (116) **THIS REQUIREMENT FOR CHANGE** firmly situates a neural circuit in the world that it observes, in contrast to digital circuits, whose design implicitly assumes separation between the system and the outside world.

En efecto, la nominalización está ligada al plano interactivo y algunas de las nominalizaciones se refieren a actos discursivos:

Ejemplo 164 (anexo 2)

(76) **THESE METALS** show cluster frequency peaks at **the sizes that are predicted by a quantum model for a spherically symmetrical body with shared electrons**. (77) **THE PREDICTIONS** closely resemble magic numbers derived from the quantum model of atomic nuclei and are similar in some respects to the electron shells calculated for the hydrogen atom.

Ejemplo 165 (anexo 4)

(137). For years, biologists have tacitly assumed that when they have understood the operation of each molecule in a nerve membrane, they will understand the operation of the brain. (138) But both the digital and the analog paradigms of computation make it clear that THIS ASSUMPTION is wrong.

En el estudio aquí realizado, los casos de nominalización hallados destacan su condición de mecanismo resumidor que permite integrar la información nueva en la información dada previamente. La acumulación de información que permite la nominalización es evidente en el siguiente ejemplo en el que la información dada se recupera en el grupo nominal sujeto de cada oración:

Ejemplo 166 (anexo 5)

(92) Hence, the intensity of the reflected beam oscillates in time as successive layers are grown. (93) Accurate measurement of THE FREQUENCY OF THE OSCILLATION can precisely determine the time to deposit a single layer of atoms. (94) THE RESULTING EXACT KNOWLEDGE OF THE DEPOSITION RATE can then be used to strictly control the layer's thickness.

De esta forma, la nominalización afianza la hipótesis de que el encapsulamiento retoma el contenido para integrarlo en la intención con lo que el plano del contenido se integra en el plano interactivo. Los ejemplos aquí mencionados hacen evidente la importancia de la nominalización en la construcción del texto escrito que ya había sido reconocida por muchos otros autores⁽³⁹⁶⁾ y permite considerarlo uno más de los procedimientos de cohesión gracias a su inclusión como un tipo más de encapsulamiento.

Es necesario añadir que el estudio de los casos de nominalización hallados en los textos analizados descubre que este mecanismo es algo más

(396) Así lo confirman Halliday (1985), Ravelli, (1988), Downing (1991) y Eggins et al. (1993).

frecuente en inglés que en español. Esto es más evidente si observamos que en español predomina el encapsulamiento como mecanismo de relación oracional frente a las relaciones simplemente por la existencia de una entidad común. Así, la media de nominalizaciones por texto en inglés es de unas 10 nominalizaciones y sólo un texto presenta menor número, el texto 4 con sólo 5 casos de nominalización. Los textos 1 y 5 presentan 10 nominalizaciones, 11 el texto 2 y los textos 3 y 6 presentan 9.

En español, en cambio, lo corriente es un número inferior. Así, el texto 7 presenta 4 nominalizaciones, el texto 8, 6 casos, el texto 9, 5 y los textos 10 y 12, 3. Tan sólo el texto 11 destaca con 10 nominalizaciones.

7.2. ENCAPSULAMIENTO MEDIANTE NOMBRE

Mediante este procedimiento, un nombre recupera un fragmento de texto previo. Como ya he comentado en el capítulo anterior son varios los autores que se han dedicado al estudio de estos nombres y por ello han recibido diferentes denominaciones. Francis (1986) los denomina nombres anafóricos y posteriormente hablará de nombres etiqueta (Francis, 1994), ya que muchos se refieren a actos metalingüísticos y determinan el valor del fragmento de texto en cuestión. Coinciden también con los nombres enumerativos y con los nombres de actos discursivos de Tadros (1994).

Frente al resto de los nombres que aluden a entidades o objetos que tienen una identidad concreta y reconocida en la realidad, lo que hace tan importantes a estos nombres en la construcción textual es el hecho de que su significado exacto se determina en función de lo dicho ya en el caso del encapsulamiento y de lo que se va a decir, en el caso del anuncio. Es decir, estos nombres especifican su significado exacto en el texto. Como en el ejemplo siguiente en el que la palabra «*fenómeno*» hace referencia a las entidades mencionadas en la oración anterior, el

semiconductor, los fotones, los enlaces, los electrones, las bandas de valencia y conducción y los pares electrón-hueco y a las relaciones de causa y efecto que entre ellas se establecen gracias a los procesos de iluminación, rotura, bombeo y generación:

Ejemplo 167 (anexo 12)

(51) Cuando el semiconductor se ilumina, los fotones de la luz solar pueden romper los enlaces, bombeando electrones desde la banda de valencia hasta la de conducción y generando así abundantes pares electrón-hueco. (52) EL FENOMENO provoca la aparición de dos niveles de Fermi diferentes, que ahora se llaman pseudoniveles de Fermi, uno para los electrones y otro para los huecos, y en vecindad respectiva de la banda de conducción y de valencia.

En realidad, estos nombres son un tipo particular de hiperónimos. Coinciden con los hiperónimos tradicionales, pero sólo en parte. Las diferencias que existen son diferencias de alcance y de enfoque. Los hiperónimos tradicionales enfocan una entidad y los sustantivos de referencia textual un proceso o incluso varios, ya que pueden recuperar fragmentos de texto de extensión muy variada. Esto se debe a que son hiperónimos, es decir nombres genéricos, pero no de entidades, sino de acciones o procesos o de relaciones entre entidades o procesos.

En el ejemplo siguiente «*that figure*» se clasificaría como hiperónimo referido a una entidad ya que recupera simplemente la expresión «*the downscaling endpoint*»:

Ejemplo 168 (anexo 1)

(8) In 1982 my colleague Pallab K. Chatterjee published a study that heightened my concern by stressing how close **the downscaling endpoint** was. (9) There is still some disagreement over **THAT FIGURE**, with estimates of minimum feature sizes ranging between 100 and 500 billionths of a meter.

Un nombre encapsulador recupera por lo general varias entidades. El encapsulamiento mediante nombre de la oración 125, «de este modo», recupera los procesos mencionados en la oración 124 y las entidades implicadas, el desarrollo en los laboratorios por los investigadores de los monocristales y su corte adecuado para exponer una sola cara cristalina. Pero, sobre todo pone el énfasis en las circunstancias, el hecho de conseguirlo en los laboratorios y de cortar los monocristales de la forma adecuada:

Ejemplo 169 (anexo 7)

*(123) Sus superficies están constituidas, pues, por una variedad de planos cristalinos. (124) A pesar de ello, los investigadores **han conseguido desarrollar («crecer» en el argot) en los laboratorios monocristales metálicos y cortarlos adecuadamente para exponer una sola cara cristalina.** (125) La información obtenida DE ESTE MODO es crucial para comprender el funcionamiento de las superficies reales, incluso en propiedades tan complejas como la actividad catalítica.*

Dado que muchos de los nombres que funcionan como encapsuladores están relacionados con un proceso verbal, el procedimiento está muy próximo a la nominalización y en algunas ocasiones es difícil decidirse por una u otra opción a la hora de clasificar las realizaciones textuales. Así, en el ejemplo siguiente, podríamos pensar que «prediction» nominaliza el proceso verbal que en la oración 189 expresa «a preliminary analysis shows» en un caso de combinación con sinonimia. En realidad, tomar tal decisión sólo es un problema para el lingüista, ya que la interpretación de la oración es en cualquier caso la misma:

Ejemplo 170 (anexo 6)

*(189) **A preliminary analysis shows that in such structures an electron can behave simultaneously as a wave and as a particle.** (190) If THIS PREDICTION turns out to be true, it will be very important for fundamental physics.*

En la mayoría de los casos la razón para discriminar entre un encapsulamiento nominal y la nominalización será que ésta exige la presencia del verbo del proceso con el que ese nombre está relacionado en la oración anterior como en este ejemplo:

Ejemplo 171 (anexo 2)

(59) It may seem natural to impute a kind of protosolidity to tiny clusters of a material that would be a solid if only there were enough of it. (60) Indeed, THIS IMPUTATION appears to be valid for those metals whose cluster-packing structure closely resembles that found in bulk.

El procedimiento de encapsulamiento mediante nombre es habitual en los textos en las dos lenguas y en ambas se recogen los mismos tipos como puede verse el listado de los nombres encapsuladores hallados:

NOMBRES ENCAPSULADORES

Textos en inglés			
achievement	description	limit	reason
adjustment	development	logic	requirement
advantage	difference	margin	result
approach	discovery	mechanism	scale
architecture	distinction	organization	speed
arrangement	effect	phenomenon	stage
attribute	effort	prediction	strategy
breakthrough	-end	principle	structure
case	experiment	problem	study
concept	feat	procedure	task
conclusion	figure	process	technique
configuration	focus	property	technology
constraint	function	quality	venture
curve	idea	range	way
degree	issue	rate	work

Textos en español			
actividad	descubrimiento	imagen	propiedad
afirmación	diferencia	limitación	proposición
análisis	dificultad	línea de trabajo	razón
aplicación	discurso	manera	recombinación
cambio	efecto	método	repaso
característica	ejemplo	misión	resultado
caso	estudio	modelo	sentido
catástrofe	experiencia	modo opción	situación
comportamiento	experimento	orden de cosas	solución
condición	fenómeno	posibilidad	tarea
conocimiento	fin	postura	técnica
contexto	forma	prefacio	tema
criterio	función ganancia	pregunta	teorema
cuestión	hecho	principio	trabajo
curiosidad	hipótesis	problema	valor
definición	idea	proceso	

Muchos de los nombres aquí listados son nombres definidores de procesos o acciones, es decir, son en su mayoría sustantivos deverbales y coinciden con lo que algunos autores denomina nominales de evento o nominales de resultado. De este tipo son sustantivos como «cambio», «comportamiento», «descubrimiento», o «*arrangement*», «*achievement*», «*adjustment*», «*requirement*». Se trata, por tanto, de sustantivos que presentan una relación directa con un proceso verbal y aluden por ello a varias entidades, es decir, todas aquellas relacionadas con la estructura argumental y los papeles semánticos relacionados con el verbo en cuestión, como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 172 (anexo 1)

(121) ***By placing quantum dots in close proximity, electrons might also be enabled to tunnel from one dot to another -from one quantized state to another.*** (122) *THIS ARRANGEMENT would provide the ultimate in circuit control because the energy states the electrons could assume at both the point of departure and the point of arrival would be strictly dictated.*

En este fragmento, la expresión «*this arrangement*» (O. 122) recupera la entidad, «los puntos cuánticos», «*quantum dots*» (O. 121) y la circunstancia, «en proximidad», «*in close proximity*» (O. 121). Es en el caso de estos nombres deverbales cuando la frontera entre nominalización y nombre encapsulador se percibe con poca claridad. Así podemos interpretar que «*arrangement*» es el nombre que recupera la oración anterior, pero también podemos considerarlo una nominalización del verbo «*place*».

También en relación directa con un verbo, pero en este caso un verbo de decir, están todos los que se refieren a actos de habla como «afirmación», «definición», «pregunta», «explicación». Así el ejemplo siguiente:

Ejemplo 173 (anexo 10)

(0.1) Existe la creencia generalizada de que las singularidades espacio-temporales - tales como la gran explosión inicial - son consustanciales con la teoría de la relatividad general. (0.2) Pero no hay razones para sostener DICHA AFIRMACION.

Junto a este tipo de nombres se encuentran otros que se refieren a cualidades o atributos y que por tanto llevan implícitos la entidad o entidades a las que se aplicarían. En este grupo podemos mencionar, «curiosidad», «dificultad», «limitación» o «constraint». Muy próximos a este grupo están aquellos nombres que tienen un valor evaluativo; podríamos explicar su naturaleza como nombres deverbales, pero su significado sintetiza una acción o proceso y una cualidad o circunstancia. Algunos no están relacionados directamente con un verbo, pero aluden claramente a una acción como en el siguiente ejemplo «catástrofe» que es «un acontecimiento desastroso»

Ejemplo 174 (anexo 10)

(34) Así cuando este último se hace infinito el propio espacio-tiempo deviene singular. (35) Hablando llanamente el espacio-tiempo queda destruido y, por consiguiente, todas las leyes de la física pierden

su validez. (36) *TAMAÑA CATÁSTROFE es, como se comprenderá, inaudita: (37) la propia física predice, a través de la RG, su autodestrucción.*

Al igual que sucedía en el caso de la nominalización el alcance del encapsulamiento puede variar. En unos casos se encapsula la información que proporciona la oración inmediatamente anterior:

Ejemplo 175 (anexo 8)

*(54) Una vez que el cristal se ha dividido en pequeños dominios o maclas, **la transición de fase se produce abruptamente.** (55) ESTA CARACTERÍSTICA dificulta a menudo el estudio y la aplicación de estos materiales.*

Ejemplo 176 (anexo 3)

*(24) Because gallium arsenide consumes less power, **it produces less waste heat that must be drawn from the circuit.** (25) THIS QUALITY is particularly valuable because there is a trade-off between a semiconductor's speed and power.*

Pero también pueden encapsularse varias oraciones. Así, en el ejemplo siguiente «*this idea*» (O. 99) encapsula las oraciones 97 y 98:

Ejemplo 177 (anexo 6)

*(97) **One of the simplest ways to eliminate the jamming is to connect several tunnel junctions in series (end to end).** (98) **IN SUCH AN ARRANGEMENT the junctions defend one another from the fluctuations.** (99) **THIS IDEA** was implemented in 1989 by a team of Swedish and Soviet scientists.*

En concreto, la idea que pone en práctica el equipo de científicos suecos y soviéticos es la eliminación del tipo de interferencias mencionado en la oración 97 conectando en serie varias uniones túnel. O en este otro ejemplo en el que el principio mencionado en la oración 48 se enuncia en las oraciones 45 y 46:

Ejemplo 178 (anexo 3)

(45) One might stop scattering altogether by shortening the critical pathways to less than the average distance between electron collisions. (46) That would ensure that most electrons hurtle through the critical switching area on ballistic paths (47) [see «Ballistic electrons in semiconductors,» by Mordehai Heiblum and Lester F. Eastman; SCIENTIFIC AMERICAN, February, 1987]. (48) But practical application of THIS PRINCIPLE is not expected until years after the more conventional gallium arsenide transistors have found their place on the technological menu.

O el fragmento siguiente en el que la expresión «de este modo» (O. 88) encapsula dos oraciones y así no recupera una circunstancia, sino varias, interrelacionadas en una relación de causa-efecto:

Ejemplo 179 (anexo 7)

(86) En estas condiciones, un fotón de energía mayor que el intervalo prohibido del semiconductor produce, al ser absorbido por el material, un par electrón-hueco. (87) Los electrones pueden emitirse al exterior del dispositivo. (88) DE ESTE MODO, se transforma la radiación infrarroja en corriente eléctrica, que puede luego manipularse de manera conveniente hasta resultar en la imagen visible de la fuente de radiación [véase la figura 8].

Las circunstancias que se presentan en la oración 86 son las que hacen que un fotón produzca un par electrón-hueco y estas circunstancias a su vez son la causa del efecto mencionado en la 87, el que los electrones puedan emitirse al exterior del dispositivo. Toda relación de causa y efecto se basa en la existencia de unas circunstancias que son las que permiten la realización del efecto en cuestión. Estas dos oraciones entre las que existe una relación de causa y efecto se encapsulan mediante la expresión «de este modo» (O. 88) y este funcionamiento explica el hecho de que estos nombres encapsuladores actúen como «conectores».

El funcionamiento encapsulador de estos nombres está ligado a la presencia del determinante. En los casos de encapsulamiento mediante nombre de

los textos ingleses, el nombre puede aparecer acompañado de artículo determinado, de adjetivo demostrativo o distributivo como «*both*», «*each*» o «*such*» y en algún caso posesivo. Pero, como puede observarse en el listado presentado al final de la sección, el determinante que predomina es el demostrativo y en concreto las formas *this/these*. Esta condición parece indicar que es el demostrativo el determinante que conduce a una identificación indefectible de la referencia del término al que acompaña como la misma de la mención anterior⁽³⁹⁷⁾.

En los textos españoles, encontramos los mismos tipos de determinantes y también existe un ligero predominio del demostrativo. Pero es necesario comentar que en español se observa además la presencia de una serie de adjetivos y participios cuya intención parece ser la de determinar la referencia⁽³⁹⁸⁾ del nombre al que acompañan como «antedicha», «anterior», «característico de...», «citada», «concreto», «mencionada», «misma», «observados», «reseñados», «último». En los encapsulamientos de los textos en inglés estos adjetivos no son tan frecuentes, ya que sólo es posible encontrar dos casos, «*second*» y «*particular*» en el texto 6, como puede verse en las tablas que presento en los apéndices.

Es necesario añadir que en los textos en español se pueden encontrar un tipo más de expresiones que recuperan un fragmento de texto previo. He decidido considerarlos como encapsulamiento mediante nombre porque se trata de adjetivos sustantivados y participios. No los incluyo como nominalizaciones, porque son expresiones lexicalizadas que corresponderían al fenómeno de nominalización como creación léxica y no al de conversión puntual de un verbo en nombre para sintetizar lo dicho antes. Siempre que se emplean estas expresiones su función es recuperar un fragmento de texto previo. Veamos algunos ejemplos:

(397) Véase no obstante los ejemplos que aporta Renkema (1993, 200) sobre la distinción entre *the*, *these* y *those* que toma de Maes (1991) y que parecen indicar que el contexto situacional es decisivo a la hora de establecer el determinante que provoca una interpretación indefectible.

(398) Véase Downing y Locke (1992, 440).

Ejemplo 180 (anexo 10)

(13) Dado que sólo se conocen masas y energías positivas, la gravedad es siempre atractiva, y en las ocasiones en las que existe una gran concentración de materia se convierte en la interacción cuyos efectos son dominantes.

(14) Como corolario evidente de LO ANTERIOR, podemos afirmar que la relatividad general (RG) es la teoría apropiada para el estudio de los fenómenos cosmológicos -evolución del universo-, astrofísico -estudio de galaxias, estrellas, etc. y planetarios -órbitas de los planetas en el sistema solar-.

Ejemplo 181 (anexo 10)

(53) Una consecuencia directa de TODO LO DICHO es que la luz también es atraída por la gravedad, y los rayos luminosos siguen trayectorias curvas en un campo gravitatorio.

Ejemplo 182 (anexo 10)

(227) TODO LO ANTERIOR nos conduce, a mi parecer, a una nueva pregunta.

Estas expresiones se caracterizan por cierta vaguedad en cuanto al alcance de la información que recuperan y son, por ello, una muestra del papel de la cohesión en la construcción de la coherencia.

ENCAPSULAMIENTO MEDIANTE NOMBRE

TEXTOS	NOMBRES
--------	---------

TEXTOS EN INGLÉS

1. <i>The quantum effect device: tomorrow's transistor?</i>	That size limit (0.2) That figure (9) The problem (10) These adjustments (17) These attributes (25)	This difference (52) This property (55) That distinction (88) This description (101) That discovery (108)	These developments (113) This arrangement (122) That degree (124)
2. <i>Microclusters</i>	Other properties (12) In these early efforts (18) The technique (25) These configurations (43) That phenomenon (47) Such an approach (61) The curve (96)	These results (98) These studies (106) The entire process (115) This constraint (117) This work (136) A breakthrough (140) The chemical and optical properties (163)	
3. <i>Progress in gallium arsenide semiconductors</i>	These ends (13) This work (16) None of these tasks (19) This quality (25) This principle (48) This effect (81)	This technique (95) Such advantages (102) This difference (106) In each case (181) The margin of advantage (182) These differences (183)	This technique (187) This focus (192) This function (197) This speed (204) This rate (235)
4. <i>The silicon retina</i>	These tasks (5) This feat (8) This difference (10) This approach (12) This architecture (17) This tremendous range (31)	These adaptive mechanisms (35) This requirement for change (116) This strategy (118) This map-like organization (128) This venture (144)	
5. <i>Microlasers</i>	The idea (3) This astonishing feat (7) Such a scale (17) The process (27) The difference (42)	Such a procedure (46) These attributes (48) The difference (82) These advanced techniques (103) Such a structure (115)	
6. <i>Single electronics</i>	Both ideas (0.2) This logic (7) These discoveries (89) For this problem (32) The phenomenon (37) This effect (38) This concept (44) These phenomena (55) In this case (57)	This process (58) This range (62) These ideas (68) This process (109) At this stage (110) In this way (116) Our results (128) This particular effect (137) For this reason (152)	These two works (155) This achievement (166) This technology (170) This second problem (177) In such cases (179) This conclusion (181) In both types of experiments (184) This predictions (190) These new issues (195)

TEXTOS	NOMBRES		
TEXTOS EN ESPAÑOL			
7. <i>La física de superficies</i>	De esta atávica curiosidad (3) Este conocimiento empírico (4) Ese comportamiento (12) Este descubrimiento (13) Ambos fenómenos (17) En el caso que nos ocupa (30) Este cambio conceptual (32) Con este fin (47) Esta propiedad (55) Estos complejos procesos (61) Este efecto (71) Este fenómeno (80)	En estas condiciones (86) De este modo (88) En el caso que nos ocupa (98) La cuestión debatida (114) La primera condición (117) Los resultados experimentales (119) De este modo (125) En ese caso (139) Estos resultados (142) El comportamiento magnético (147)	Este experimento (149) La técnica (151) Estos resultados (161) De este modo (170) En estas condiciones (177) Estos descubrimientos (182) Los ejemplos reseñados en este artículo (183)
8. <i>Transiciones de fase en las perovskitas</i>	Los comportamientos observados (12) Esta tarea (22) Este hecho (43) Un ejemplo característico de la situación mencionada (46) Esta característica (55)	Este comportamiento (58) Esta experiencia (113) Ese fenómeno (119) Esta proposición (129) Todo el análisis estructural anterior (153) Como en el caso anterior (157)	Este efecto (166) A los efectos anteriores (174) En este caso (175) De esta forma (182) En este caso (184) Con esta hipótesis (187)
9. <i>Propiedades de los micro-agregados metálicos</i>	Ante ese nuevo fenómeno (4) A esas preguntas fundamentales (7) Este método (16) En estas condiciones (26) Ese fenómeno (28) Por dicha razón (29)	Con este diámetro (51) En ese dominio (53) Esta técnica (56) Esta imagen simple (84) Estos efectos de cuantificación (94) En este último caso (115)	En estos casos (151) Esta cuestión (155) A estas preguntas (157) De estos resultados (169) A este comportamiento (194)
10. <i>Singularidades en relatividad general</i>	Dicha afirmación (0.2) En lo concerniente a la segunda razón citada (32) Tamaño catástrofe (36) Este importantísimo resultado (40) Este hecho (43) De la misma manera (52) Estos fenómenos (64) Esta cuestión (67) Las cosas (74) La situación real (76) Las cosas (83) Este resultado (85) La citada solución (92)	Todos estos estudios (96) Este problema (104) Esta última solución (106) Las posturas de los años treinta (116) Estos últimos modelos (119) Tan singular propiedad (121) Tal posibilidad (134) A estas cuestiones (137) Esta definición (142) La situación (146) Con este prefacio (147) En este caso concreto (152) Con estas tres condiciones (156) Este teorema (157)	Estos resultados (159) Tan extraña situación (190) La segunda propiedad (194) Este problema (198) En este sentido (237) En este sentido (245)
11. <i>Espectroscopia astrofísica con fibras ópticas</i>	Tal actividad (3) Estos hechos (10) De esta forma (13) Para tal fin (30) Esta idea (58) La idea básica (62) Esta limitación (67) Esta limitación (70)	Esta aplicación (77) En esos mismos principios (79) En este caso (80) Este tipo de aplicación (81) Estas posibilidades (92) El proceso (109) El problema del ... (115) Para esta aplicación (120)	En este caso (147) Ganancia tan alta (157) Fuera de estas situaciones (158) En este contexto (169) En este caso (175) Esta aplicación (177)
12. <i>Células solares muy eficientes</i>	El fenómeno (52) En ambos casos (102) De este modo (103) Ese valor (111) En este proceso (116) Con este criterio (119)	Esta línea de trabajo (122) La idea (151) Esta pregunta (157) La condición mencionada (167) Esta opción (187) Esa misión (206)	De este modo (208) Con estas condiciones (212) Esa dificultad (245) De este modo (246) Ese modelo (248)

7.3. ENCAPSULAMIENTO MEDIANTE ADVERBIO

Muy próximo al encapsulamiento mediante nombre está el uso encapsulador de algunos adverbios. Se trata de adverbios que recuperan información dada previamente y la convierten en una circunstancia del nuevo proceso. Estos adverbios son equivalentes al uso de ciertos nombres encapsuladores en determinados grupos preposicionales. En los textos en español, por ejemplo, es bastante frecuente la utilización del adverbio «así» y muchos de los encapsulamientos mediante «de este modo» o «de esta manera» podría sustituirse por el adverbio «así» como en el ejemplo:

Ejemplo 183 (anexo 9)

(126) Un analizador multicanal registra en su memoria el número de pulsos registrados durante determinado intervalo para valores diferentes de tiempo de vuelo, o, lo que es equivalente, de la masa de los microagregados.***(127) ASÍ se obtiene el espectro de masas de los microagregados ionizados.***

La condición encapsuladora del adverbio había sido reconocida no sólo en los estudios de cohesión⁽³⁹⁹⁾ sino también en los estudios de gramática. En concreto en el caso del español Bello ya hablaba en 1847 de este uso encapsulador de circunstancias del adverbio «así»⁽⁴⁰⁰⁾.

En los textos en inglés, los casos de encapsulamiento mediante adverbio son menos frecuentes que en español. En los textos españoles se encuentran varios casos en todos los textos, con excepción del texto número 5 en el que sólo se registra un adverbio encapsulador.

Los adverbios que se registran en los textos en inglés son: «so»,

(399) Véase así Halliday y Hasan (1976), Mederos, (1988) y Casado Velarde (1993).

(400) Véase Bello (1981, 300).

«*then*» o «*thus*», pero actúan en la mayoría de los casos como marcadores y no simplemente como encapsulamiento, ya que no se integran como circunstancia en el proceso de la nueva cláusula.

Cuando estos adverbios se emplean como encapsulamiento, su alcance puede variar. En la oración 85, por ejemplo, «*so*» encapsula simplemente la circunstancia «*back and forth*» de la oración anterior y la integra en el nuevo proceso que se menciona.

Ejemplo 184 (anexo 1)

(84) *The waves essentially bounce **back and forth** within the quantum chamber.* (85) *In doing **SO** they increase the tunneling current substantially - they resonate.*

En el ejemplo siguiente la circunstancia encapsulada es más compleja, ya que conlleva también una consecuencia: «al atravesar la unión en una dirección determinada, se resta una cantidad e al valor de la carga Q »:

Ejemplo 185 (anexo 6)

(57) *In this case, if the charge Q at the junction is greater than $+e/2$, an electron can tunnel **through the junction in a particular direction, subtracting e from Q .*** (58) *The electron does **SO** because this process reduces the electrostatic energy of the system.*

En estos dos ejemplos «*so*» acompaña al verbo «*do*», uso característico de «*so*» como «proforma»⁽⁴⁰¹⁾.

Otro de los adverbios que puede desempeñar esta función de encapsulación de una circunstancia es «*thus*». En los textos analizados sólo se halla

(401) Quirk et al. (1985, 76) nos dicen que en este caso «*so*» tiene la capacidad de encapsular todas las circunstancias asociadas a la acción a la que «*do*» se refiere.

un caso. «*Thus*» actúa como circunstancia de modo de un participio y recupera la información dada en las dos oraciones anteriores:

Ejemplo 186 (anexo 2)

(110) Catalysis begins when the surface of catalyst adsorbs, say, molecules of carbon monoxide and nitrogen oxide. (111) These molecules then drift to «active sites» where bonds are broken and reformed, say to nitrogen and carbon dioxide. (112) THE MOLECULES THUS PRODUCED are desorbed, and the catalyst is freed to repeat the process.

Otro adverbio con reconocido poder encapsulador es «*then*». Halliday y Hasan (1976, 74-75) comentaban ya la necesidad de distinguir entre el «*then*» deíctico y el «*then*» conjunción y mencionaban el uso restringido de esta expresión como mecanismo de cohesión, ya que en ese caso sólo recupera una circunstancia de tiempo. Efectivamente, en los textos ingleses analizados se registran varios usos de «*then*», pero tan sólo en un caso encapsula una circunstancia de tiempo:

Ejemplo 187 (anexo 3)

*(238) The companies can be expected to market fully validated circuit designs **within a year or two**. (239) Perhaps THEN, when computers, computer links, televisions and compact disks all contain gallium arsenide, we will be able to say that the technology of the future has finally arrived.*

En el resto de los casos, «*then*» actúa como marcador, es decir, predomina su función como anuncio y actúa como indicador del valor de la nueva oración.

La clave del funcionamiento de una expresión como adverbio encapsulador o como marcador radica en su nivel de integración como circunstancia de modo en el proceso expresado en la cláusula. Pero, realmente existen casos intermedios que admiten ambas interpretaciones. En el fragmento siguiente, por ejemplo, podemos pensar en un principio que «*thus*» (O. 23) es adverbio encapsula-

dor que indica el «modo» de determinarse el potencial de cualquier célula, pero la presencia del grupo preposicional, «*by the spatially weighted average of the potentials of cells around it*» (O. 23) modifica nuestro análisis previo. El valor de este grupo preposicional es explicar «cómo» se determina el potencial de la célula. «*Thus*» no nos explica una circunstancia sino que nos dice que ese proceso es consecuencia de lo afirmado antes. Es en este caso, cuando una circunstancia es consecuencia de lo explicado antes, que el adverbio adquiere el valor consecutivo.

Ejemplo 188 (anexo 4)

(21) Horizontal cells - the second layer - make connections to both photoreceptors and bipolar cells through the triad synapse. (22) Each horizontal cell is also connected to its neighbors by gap junctions through which ions diffuse. (23) The potential of any given horizontal cell is THUS determined by the spatially weighted average of the potentials of cells around it.

Otro adverbio frecuente en los textos en inglés es «*here*». Su adverbio equivalente no se emplea en español. En los textos españoles es mucho más frecuente encontrar la expresión con nombre «en este caso».

Ejemplo 189 (anexo 1)

(99) the conduction that takes place *at other voltages* owing to thermal excitation and to leakage and scattering is negligible. (100) HERE, then, is a way to control precisely the switching of a semiconductor device.

Ejemplo 190 (anexo 2)

(81) Bonds seem to be more localized *in clusters of main-group metals such as lead and antimony*. (82) HERE the outermost electrons occupy the p orbitals, which are spatially more constricted.

Ejemplo 191 (anexo 2)

(141) Thin films of clusters possessing desirable electronic qualities would be of great interest *in microelectronics*. (142) HERE, too, the

field is in a preliminary stage of development, but it is possible to envision applications in optical memories, image processing and superconductivity.

He comentado antes que los nombres encapsuladores en grupos preposicionales como «de este modo» permitían recuperar no sólo circunstancias de modo, sino también relaciones de causa y efecto basadas en la existencia de determinadas circunstancias. Este fenómeno se observa claramente en el funcionamiento del adverbio «así» en español, que unas veces simplemente encapsula la oración anterior en la nueva y, en otros casos, actúa como «conector» o «marcador» de una relación entre procesos o ideas.

Cuando el adverbio «así» es circunstancia de modo en la oración en la que se presenta integra en esa nueva oración la información que encapsula. Sucede así en los ejemplos siguientes:

Ejemplo 192 (anexo 10)

(100) Einstein se percató muy pronto de que, dado que la interacción gravitatoria dominaba a grandes escalas, podía aplicar su nueva teoría de la rg para calcular y el campo gravitatorio del universo y, obtener, por añadidura, la geometría del espacio-tiempo subyacente. (101) Comenzaba ASÍ la cosmología relativista.

Ejemplo 193 (anexo 7)

(9) En 1833, Michael Faraday realizó unos cuidadosos experimentos que le permitieron adelantar una explicación del misterioso efecto que producía el platino sobre la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno, induciéndola a temperaturas muy inferiores a la de combustión. (10) Faraday sentó ASÍ los fundamentos de nuestra comprensión actual de la acción catalítica de la superficies sólidas.

Ejemplo 194 (anexo 7)

(78) Las propiedades electrónicas de una superficie semiconductorra pueden modificarse depositando átomos de otra especie

química sobre ella. (79) *ASÍ, al adsorber media monocapa de un metal alcalino, como potasio o cesio, sobre la cara (100) de silicio, se produce una drástica disminución de la función de trabajo.*

En el primer ejemplo «así» nos dice cómo comenzó la cosmología relativista que es la información que se da en la oración 100. De igual forma, en el ejemplo 193 «así» recupera toda la información de la oración 9 para decirnos que sirvió para asentar los fundamentos de la catálisis y el «así» de la oración 79 encapsula como circunstancia del proceso «se produce» la oración anterior, en concreto, la relación de causa-efecto basada en una circunstancia de modo. Es decir, la drástica disminución de la función de trabajo se produce modificando las propiedades electrónicas de una superficie semiconductor y esto, a su vez, se consigue depositando en ella átomos de otra especie química.

Esta capacidad de «así» para encapsular varios procesos en los que a su vez se implican diversas circunstancias es evidente en el ejemplo siguiente. En la oración 155, «así» nos dice cómo Juan José de Miguel y el grupo de J. Kirschner han conseguido determinar la temperatura de Curie de capas ultracongeladas de cobalto de espesor variable crecidas epitaxialmente sobre cobre. Lo han conseguido porque han realizado las acciones expresadas en las oraciones 153 y 154, es decir, contar las oscilaciones y preparar el cristal del sustrato cuidadosamente.

Ejemplo 195 (anexo 7)

*(152) La intensidad reflejada oscila durante la evaporación siendo máxima cuando se completa una capa atómica y mínima justo cuando se ha depositado media monocapa. (153) **Basta, pues, contar las oscilaciones para saber el número de capas de átomos que se han depositado.** (154) **Cuando el cristal del sustrato se ha preparado de una manera cuidadosa, es posible desarrollar capas bidimensionales de alta perfección estructural.** (155) *ASÍ, Juan José de Miguel, del LASUAM, en un trabajo conjunto con el grupo de J. Kirschner, de la Universidad Libre de Berlín, ha determinado la temperatura de Curie de capas ultracongeladas de cobalto de espesor variable crecidas epitaxialmente sobre cobre.**

El poder encapsulador de «así» es enorme. En el ejemplo siguiente todo un párrafo se convierte en circunstancia de un proceso. En este caso, la manera de abrir de nuevo el camino hacia los agujeros negros es toda la información dada en el párrafo anterior.

Ejemplo 196 (anexo 10)

(83) Las cosas parecían volver a su lógico orden. (84) Posteriormente, los premios nobel Subrahmanyam Chandrasekhar, de la universidad de Chicago, y Ley Landau, de la universidad de Moscú, en 1931 y 1932 respectivamente, establecieron un límite superior para la masa de las estrellas degeneradas -enanas blancas-. (85) El significado y las implicaciones de este resultado son obvios, ya que si una estrella, en el curso de su evolución llegara al estado de enana blanca con una masa mayor que la dada por el límite de Chandrasekhar, entonces no podría permanecer en equilibrio en tal estado y continuaría contrayéndose. (86) En 1939, Oppenheimer junto con Volkoff y Snyder extendió el trabajo de Chandrasekhar a estrellas de neutrones; (87) Si una estrella llega a su estado final de evolución con una masa mayor que cierto límite, entonces seguirá contrayéndose indefinidamente, concluyó. (88) Sus cálculos indicaban que ciertas estrellas dotadas de gran masa podían colapsar y sobrepasar su radio de Schwarzschild. (89) Todo ello era una inevitable consecuencia de que la gravedad es siempre atractiva. (90) El camino hacia los agujeros negros quedaba ASÍ nuevamente abierto.

Este poder encapsulador había sido reconocido por Bello (1981, 303) quien menciona la capacidad de «así» de encapsular en una respuesta la pregunta previamente realizada. Esta apreciación de Bello es de mucho interés porque he observado que muchos de los adverbios que funcionan como anuncio pueden emplearse como respuesta a preguntas con ese valor encapsulador. Bello, nos dice que el adverbio afirmativo «sí» es, en realidad, la palabra «así» y que cuando uno pregunta «¿has estado en el campo?» y otro responde «sí», hay una elipsis de «así es», «así es la verdad». Como vemos también en el ejemplo de Bello, «así» funciona como elemento en la cláusula con el verbo «ser».

Pero, existe un «así» que no se integra en la nueva oración. Se trata entonces del uso como marcador. Este adverbio anuncia el valor de la oración en que está como prueba de una relación entre dos procesos. Esa relación entre los procesos suele ser de causa y consecuencia en determinadas condiciones y esas condiciones son las que «así» encapsula. Así, en el ejemplo siguiente la relación de causa-consecuencia es la modificación de la transmisión que se consigue si se emplean fibras fabricadas con una cantidad determinada de hidroxilo:

Ejemplo 197 (anexo 12)

(130) Cuando se opera en uno de esos rangos espectrales se eligen fibras que, sacrificando su transmisión en uno de ellos, mejore su comportamiento en el otro. (131) La cantidad de contaminante hidroxilo (OH), empleado en la construcción de la fibra, permite modificar la transmisión en estas zonas. (132) ASÍ las fibras «húmedas» consiguen mejores transmisiones en el ultravioleta cercano;

En el siguiente ejemplo, la oración 44 presenta una característica de las cavidades de las zeolitas y en la 45 nos dicen los materiales con esas características se utilizan como catalizadores. La oración 46 presenta un ejemplo que demuestra lo afirmado:

Ejemplo 198 (anexo 9)

(44) Las cavidades de las zeolitas tienen tamaños entre 0,2 y 1,2 nanómetros, de manera que en alguna de ellas pueden acomodarse microagregados de sólo unos cuantos átomos. (45) Este tipo de materiales se utiliza como catalizadores. (46) ASÍ, el catalizador comercial de Fischer-Tropsch está compuesto de microagregados de metales de transición (el hierro, por ejemplo), atrapados en los poros de minerales de sílice o zeolitas.

Otros ejemplos de este mismo uso son:

Ejemplo 199 (anexo 9)

(59) Ello no es extraño, si pensamos que, en condiciones de equilibrio,

la disposición de los átomos superficiales, causante de la forma externa, viene determinada por la condición de mínima energía superficial. (60) ASÍ, para la estructura cristalina cúbica centrada en las caras (ccc), común para muchos metales, esta condición favorece las formas externas octaédricas.

Ejemplo 200 (anexo 7)

(40) La superficie expuesta a la atmósfera, por ejemplo, está cubierta por capas de contaminación debido a las reacciones con los gases y vapores de ésta. (41) Normalmente se forman óxidos y a menudo sulfuros, carbonatos u otros compuestos, según sean el sustrato y el ambiente. (42) Además, la superficie puede presentar trazas de materiales que han estado en contacto previo con ella. (43) ASÍ, una superficie ordinaria, aunque esté limpia a simple vista, es, en realidad, un complejo sistema de componentes químicos y restos de impurezas.

Pero, no es «así» el único adverbio que desempeña esa función encapsuladora en español. Al igual que «así», «entonces» puede tener varios valores. En un primer ejemplo encapsula la circunstancia de tiempo de la oración anterior para evitar su repetición en la oración siguiente. Sería entonces equivalente a «en esa época» o «en ese momento».

Ejemplo 201 (anexo 9)

(23) El método de producir microagregados por evaporación del metal en una atmósfera gaseosa data de los años treinta; (24) ENTONCES se obtuvieron ya microagregados de oro, plata y otros metales en aire a una presión de 1 torr.

En otros casos, en cambio, «entonces» encapsula dos procesos relacionados y es equivalente a «en ese caso». «Entonces» en la oración 136 se refiere al caso hipotético de que los electrones estén atrapados en un pozo de potencial de simetría esférica:

Ejemplo 202 (anexo 9)

*(135) Con cierta ingenuidad podemos imaginar que **el microagregado es esférico, con sus electrones de valencia atrapados en un pozo de potencial dotado de simetría esférica.** (136) **ENTONCES**, los niveles de energía de los electrones vienen caracterizados por el número cuántico/asociado al momento angular orbital.*

El uso de «entonces» como encapsulador de una circunstancia hipotética es muy frecuente especialmente en encapsulamiento internos, es decir, esos encapsulamientos que establecen las relaciones entre las cláusulas que forman una oración como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 203 (anexo 10)

*(85) El significado y las implicaciones de este resultado son obvios, ya que **si una estrella, en el curso de su evolución llegara al estado de enana blanca con una masa mayor que la dada por el límite de Chandrasekhar,** **ENTONCES** no podría permanecer en equilibrio en tal estado y continuaría contrayéndose.*

A modo de conclusión, podemos decir que el predominio del uso de los adverbios encapsuladores en los textos españoles se enmarca en la tendencia general de predominio del encapsulamiento.

7.4. ENCAPSULAMIENTO MEDIANTE PRONOMBRE

En el encapsulamiento mediante pronombre, éste permite recuperar una cláusula o varias. Halliday y Hasan (1976) reconocían ya este funcionamiento de los pronombres y hablaban de referencia textual. En español, Bello (1981) ya hablaba del

fenómeno el siglo pasado⁽⁴⁰²⁾. El procedimiento es habitual tanto en inglés como en español, aunque es más frecuente en los textos españoles como puede observarse en las tablas que presento al final de esta sección.

En los textos ingleses analizados, el caso más frecuente de recuperación textual mediante pronombre emplea «*this*», que es la forma que encontramos en seis de los once casos existentes de encapsulamiento mediante pronombre. En cinco casos, «*this*» es el sujeto de la oración como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 204 (anexo 2)

(21) But the metals with the higher transition temperatures could usually be made in clusters of only three to five atoms. (22) THIS made it impossible to determine how many atoms were required for the emergence of properties more like a solid and less like a cluster.

Tan sólo se encuentra un caso de «*this*» como complemento:

Ejemplo 205 (anexo 2)

(148) if a way can be found to use clusters, instead, as building blocks, then films with more complex structures might be created. (149) The trick is to smash clusters against a substrate with enough force to anneal them but not to destroy them. (150) Isao Yamada's group at the Ion Beam Laboratory at Kyoto University has done THIS with CLUSTERS of various materials, such as aluminum, on substrates such as silicon.

En los textos analizados no se registra ningún caso de pronombre «*it*» encapsulador, pero si se encuentran usos del pronombre «*that*» como los siguientes ejemplos:

(402) Nos dice Bello (1981, 265-266): «Sirven asimismo los demostrativos neutros para reproducir conceptos precedentes, que no se han declarado por sustantivos, sino por verbos, o por proposiciones enteras».

Ejemplo 206 (anexo 3)

(45) One might stop scattering altogether by shortening the critical pathways to less than the average distance between electron collisions. (46) *THAT* would ensure that most electrons hurtle through the critical switching area on ballistic paths

Ejemplo 207 (anexo 3)

(203) *My colleagues in the advanced gallium arsenide technology laboratory and other IBM facilities, working at three centers in New York State and one in Switzerland, recently built and packaged a trio of CHIPS that transmit one billion bits per second.* (204) **None of this speed will go to waste:** (205) **transmission links must be about 10 times faster than the computers they connect.** (206) *THAT is because the links transmit data in series, whereas computers process data in eight-bit batches, or bytes (with two bits added to check for errors in transmission).*

Estos ejemplos confirman la idea de que el encapsulamiento integra el plano informativo en el plano interactivo, ya que, en el primer caso, «*that*» retoma la oración 45 para explicar lo que ello consigue y, en el segundo caso, para justificar lo afirmado en la oración 204. De igual forma, tanto en inglés como en español, se observa que los verbos de las oraciones en las que se halla como sujeto un pronombre encapsulador pertenecen a ese tipo de verbos que Halliday (1993, 40) nos dice que expresan relaciones propias de los conectores por lo que se corrobora la idea del encapsulamiento como forma de integrar el contenido en la intención. Como puede observarse al examinar verbos de las oraciones en las que ocurre el encapsulamiento pronominal de los ejemplos siguientes:

Ejemplo 208 (anexo 7)

(90) Los átomos del catalizador podían, además, eliminarse por completo de la superficie mediante un breve calentamiento a temperatura moderada. (91) **ESTO ha sugerido la posible aplicación práctica de este nuevo método para la producción de óxidos de puerta de espesor controlado en las próximas generaciones de dispositivos microelectrónicos.** (92) **PARA ELLO, es necesario**

comprobar la composición y microestructura de los óxidos de silicio así producidos y compararlos con los desarrollados por los métodos habituales en la industria.

Ejemplo 209 (anexo 2)

(21) **But the metals with the higher transition temperatures could usually be made in clusters of only three to five atoms.** (22) THIS made it impossible to determine how many atoms were required for the emergence of properties more like a solid and less like a cluster.

Ejemplo 210 (anexo 2)

(157) **Clusters of certain metals have a great ability to absorb light.** (158) THIS is caused by the extreme density of THEIR valence electrons, their high surface-to-volume ratio (which puts many electrons near the surface) and the ease with which THEIR electron clouds can be distorted, or polarized.

El alcance de la información que el encapsulamiento mediante pronombre permite recuperar puede ser sólo una parte de la oración anterior como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 211 (anexo 7)

(61) Para avanzar en nuestro conocimiento de estos complejos procesos, conviene comenzar con una superficie ideal y **depositar sobre ella de un modo controlado las impurezas o átomos cuyo papel se desee determinar.** (62) ESTO se consigue trabajando en condiciones de ultra alto vacío (UAV), donde la muestra pueda ser limpiada adecuadamente y mantenida en este estado el tiempo suficiente para realizar los experimentos planeados.

O casi una oración completa:

Ejemplo 212 (anexo 7)

(84) La disminución debe ser tal que **el nivel de energía del vacío en el exterior de la superficie se encuentre por debajo de la banda de**

conducción en el volumen. (85) *ESTO es lo que se conoce como afinidad electrónica negativa (AEN).*

O varias oraciones, como en este otro fragmento en el que el pronombre de la oración 181 recupera la información de las oraciones 179 y 180. En la oración 179 encontramos un anuncio mediante superlativo sustantivado, que se explica en la oración 180 y que es la información que recupera el pronombre «esto»:

Ejemplo 213 (anexo 7)

*(178) Al aplicar un campo magnético exterior de intensidad elevada en la dirección paralela al plano de las capas, éstas se ordenan magnéticamente en la dirección del campo externo y la superred se convierte en ferromagnética. (179) Sin embargo, **lo más interesante ocurre cuando el campo externo se aumenta de una manera suave.** (180) **Para ciertos valores bien definidos de éste, la magnetización de la superred parece crecer de una manera discreta.** (181) **ESTO** sugiere que, aplicando un campo magnético exterior de esta magnitud, es preciso crear complejos patrones de magnetización en la superred.*

En español, la referencia textual se reconoce por la presencia del pronombre neutro y por ello, cuando nos encontramos un pronombre masculino o femenino su referencia es una entidad con la que concierta en género y número:

Ejemplo 214 (anexo 7)

*(144) Una de las magnitudes que define las propiedades magnéticas de un sólido es **la temperatura de Curie, T_c .** (145) **POR ENCIMA DE ELLA,** el material deja de comportarse como un imán, esto es, la magnetización se hace cero.*

Pero es posible encontrar casos de pronombres encapsuladores que no son neutros. Esto sucede cuando el encapsulamiento pronominal va unido a la presencia de un nombre también de referencia textual con el que concierta en género y número. Así, el pronombre «éste» de la oración 24 recupera todo el párrafo anterior al referirse al nombre «nacimiento» acompañado del hiperónimo «especialidad»:

Ejemplo 215 (anexo 7)

(20) Sin embargo, es Irving Langmuir, ilustre físico estadounidense que recibió el premio Nobel en 1932, el que es considerado padre de la física de superficies moderna. (21) En efecto, en las décadas de las dos guerras mundiales, Langmuir realizó una ingente labor creando los métodos experimentales de alto vacío, los cuales le permitieron abordar problemas básicos, como la reducción en la función de trabajo producida por la absorción de metales alcalinos sobre superficies metálicas, la emisión termiónica o los mecanismos de quimisorción. (22) Sus amplios intereses científicos le llevaron a brillantes aplicaciones de sus descubrimientos, como las lámparas incandescentes de atmósfera inerte, básicamente idénticas a las que se emplean hoy en día. (23) Suya es la principal responsabilidad de haber elevado la física de superficies a la categoría de disciplina con entidad propia.

(24) Si ÉSTE fue EL NACIMIENTO DE LA ESPECIALIDAD, el acontecimiento decisivo que desencadenó un enorme interés por la física fundamental de las superficies de semiconductores recayó en el descubrimiento del transistor de contacto puntual por Bardeen y Brattain, seguido por el transistor de unión p-n por Shockley en diciembre de 1947.

En los textos analizados en español, los casos de pronombres encapsuladores presentan dos novedades frente al inglés. En primer lugar, esta modalidad de combinación de pronombre y nombre encapsulador sólo se encuentra en los textos en español. Esta combinación puede hacerse en oraciones atributivas, pero también como complemento del nombre como en este otro caso en el que aparece como complemento del nombre y entonces vuelve a emplearse la forma neutra del pronombre:

Ejemplo 216 (anexo 10)

*(110) Desde un punto de vista experimental, el hecho más importante para la cosmología de los años treinta fue el **descubrimiento, realizado por Edwin Hubble en 1929, del desplazamiento hacia el rojo de las rayas espectrales de las galaxias distantes y, como consecuencia, la relación lineal entre la distancia de tales galaxias a nosotros y su velocidad de alejamiento.** (111) EL RESULTADO DE ELLO sería la aceptación de un universo en expansión.*

En segundo lugar, es interesante comprobar que en español son muy frecuentes los pronombres encapsuladores en grupos preposicionales expresando causa, finalidad, concesión, «por eso»⁽⁴⁰³⁾, «para ello», etc.

Ejemplo 217 (anexo 7)

*(121) La mayoría de los semiconductores usados en la tecnología moderna son, de hecho, monocristales, razón por la cual la aplicación directa de los descubrimientos de física básica de superficies resulta casi inmediata. (122) **En cambio, la mayoría de los metales de uso cotidiano, desde un tenedor hasta las pistas de metalización de un circuito integrado, son policristales: (123) sus superficies están constituidas, pues, por una variedad de planos cristalinos. (124) A PESAR DE ELLO, los investigadores han conseguido desarrollar («crecer» en el argot) en los laboratorios monocristales metálicos y cortarlos adecuadamente para exponer una sola cara cristalina.***

En los textos en inglés, en cambio, tan sólo se registra un caso de pronombre encapsulador en grupo preposicional:

Ejemplo 218 (anexo 6)

*(169) In circuits based on single electronics, bits of information can be represented as the presence or absence of individual electrons. (170) **This technology may make it possible to pack up to 10 billion electronic devices on a one-square-centimeter chip** (171) (FOR THAT, the dimensions of tunnel junctions could be reduced to about 10 nanometers).*

Además, en los textos en español, no sólo encontramos más casos de encapsulamiento mediante pronombre, sino también una mayor variedad de formas pronominales como puede verse en las tablas de encapsulamiento mediante pronombre que presento al final del apartado.

Para terminar este apartado del encapsulamiento mediante pronombre

(403) Mederos (1988) incluía estos usos del pronombre en la cohesión por conexión.

presentaré un ejemplo que muestra las enormes posibilidades de este procedimiento para construir el texto. En este fragmento se registran tres casos de encapsulamiento mediante pronombre: «para ello (O. 50); «esto» (O. 52) y «ésa» (O. 59).

En la oración 50 el pronombre integra en la oración la información dada en la pregunta anterior; «para ello» equivale a «para estudiar estas superficies casi ideales». En el segundo caso de encapsulamiento, el pronombre de la oración 52 recupera el complemento de la oración causal de la 51 para evaluarlo; lo que resulta fascinante es la posibilidad de explorar un universo en dos dimensiones. Por último, en la oración 59, el pronombre encapsula la información dada desde la oración 51, que es respuesta, a su vez, de las preguntas 49 y 50. Se trata por tanto de un encapsulamiento amplísimo, ya que la información que se extiende de la oración 53 a la 58 trata de la dimensionalidad y sirve para justificar la declaración de la 52, «esto es algo fascinante». En este ejemplo concreto observamos además que el encapsulamiento mediante pronombre se combina con encapsulamiento mediante el nombre de referencia textual «razón», «Si sólo fuera ÉSA la razón para estudiar superficies de sólidos...»:

Ejemplo 219 (anexo 7)

*(48) Sin embargo, la explosión de actividad en la física de superficies registrada desde los años setenta ha tenido como objetivo fundamental el estudio de superficies monocristalinas y atómicamente limpias. (49) ¿por qué se estudian estas superficies casi ideales? (50) ¿por qué se ha desarrollado PARA ELLO un amplio abanico de técnicas experimentales de refinada complejidad? (51) En primer lugar, porque nuestra capacidad para preparar superficies altamente perfectas ha abierto **la posibilidad de explorar un universo en dos dimensiones**. (52) ESTO es algo fascinante. (53) Según se cree hoy, la dimensionalidad desempeña un papel clave en la teoría moderna de muchos fenómenos colectivos. (54) Por ejemplo, en una transición de fase continua el comportamiento crítico depende sólo de la simetría del sistema, la dimensionalidad del parámetro de orden y la dimensionalidad del espacio. (55) Esta propiedad se llama universalidad y sugiere que pueden suceder cosas interesantes en la superficie donde la dimensionalidad efectiva es dos, no tres. (56) De hecho, gracias al método del grupo de renormalización [véase «Problemas físicos con*

*muchas escalas de longitud», por Kenneth Wilson; INVESTIGACION Y CIENCIA, octubre de 1979], es posible calcular con exactitud los exponentes críticos en transiciones de fase dimensionales y comparar nuestros modelos teóricos con la realidad exterior. (57) En los últimos años, la física en dos dimensiones nos ha deparado ya algunos descubrimientos inesperados; (58) entre otros, la naturaleza especial de la fusión superficial o efecto Hall cuántico, por el cual Klaus von Klitzing recibió el premio Nobel en 1985. (59) Si sólo fuera ÉSA la **razón** para estudiar superficies de sólidos, nuestra especialidad no habría pasado de ser una curiosidad académica. (60) La razón fundamental del florecimiento de la física de superficies reside en su utilidad práctica en algunos campos tecnológicos de primerísima importancia económica como la microelectrónica, la catálisis, los tratamientos superficiales por implantación iónica o láser y la ingeniería atómica de materiales que permite la fabricación de materiales artificiales con propiedades ajustadas a nuestros deseos.*

ENCAPSULAMIENTO MEDIANTE PRONOMBRE

TEXTOS	PRONOMBRES
TEXTOS EN INGLÉS	
1. <i>The quantum effect device: tomorrow's transistor?</i>	This (98)
2. <i>Microclusters</i>	This (22) This (150) This (158)
3. <i>Progress in gallium arsenide semiconductors</i>	That (46) This (51) That (206)
4. <i>The silicon retina</i>	That (59)
5. <i>Microlasers</i>	It (61)
6. <i>Single electronics</i>	For that (171) This (199)

TEXTOS	PRONOMBRES	
TEXTOS EN ESPAÑOL		
7. <i>La física de superficies</i>	Éste (24) Por ello (44) Para ello (50) Esto (52) Ésa (59) Esto (62) Ello (67) Esto (85)	Esto (91) Para ello (92) Estas (96) A pesar de ello (124) Para ello (132) Para ello (148) Para ello (164) Esto (181)
8. <i>Transiciones de fase en las perovskitas</i>	Por eso (24) Por ello (35) Esto (41) Como consecuencia de ello (71) Este es el caso de... (81)	En virtud de lo cual (104) De todo lo anterior (118) Ello (169) Tal es el caso de... (177)
9. <i>Propiedades de los microagregados metálicos</i>	Ello (59) Ello (98) Con ello (152) Éste (177) Esto (186) Ello (198)	
10. <i>Singularidades en relatividad general</i>	Esto (6) Esta (23) Esta (28) Ello (33) Ello (38) En virtud de ello (62) Todo ello (89) Por eso (103)	El resultado de ello (111) A pesar de todo (122) Esto (174) Por ello (207) Eso (208) Esto último (219) Esto (222) Todo ello (224)
11. <i>Espectroscopía astrofísica con fibras ópticas</i>	Esto (49) Por eso (60) Esto (63) Ello (102) Esto (123)	Esto (137) Para ello (154) Lo mismo (160) A esto (166) gracias a ello (176)
12. <i>Células solares muy eficientes</i>	Por eso (49) Esto (55) De ello (82) Lo primero (108) Para ello (136) Lo que (146) Esto (166) En virtud de ello (169) Éste (170)	Por ello (185) Esto (194) Lo (205) Esto (211) Gracias a ello (230) Ello (236) Todo esto (241) Ello (242)

7.5. ENCAPSULAMIENTO TÁCITO

El procedimiento de cohesión mediante encapsulamiento tácito se corresponde con el procedimiento por cohesión con entidades tácitas. Por tanto, presenta, en parte, las mismas características que la cohesión por existencia de una entidad tácita explicada en el capítulo anterior. Pero el encapsulamiento implícito es diferente porque, en este caso, la expresión ausente no recupera una entidad, sino un fragmento de texto de mayor extensión en el que puede haber uno o más procesos implicados.

El primer tipo de omisión de la expresión encapsuladora se producirá exclusivamente en los textos en español. Al igual que sucedía en el caso de las entidades, las características del español permiten la omisión del sujeto. Es, por ello, posible encontrar algún caso de sujeto omitido cuya recuperación supone encapsulamiento de la información dada previamente. Es frecuente en el caso de construcciones atributivas con nombre encapsulador. Así, en la oración 78, el sujeto de «es» sería parte de la información dada en la oración anterior. Como puede verse, el atributo resulta ser un nombre encapsulador «caso»:

Ejemplo 220 (anexo 11)

*(77) Esta aplicación tiene interés **en trabajos que requieren la observación de un gran número de objetos que aparecen agrupados.** (78) (*) Es el caso de los estudios realizados en cúmulos estelares y de galaxias.*

Otro ejemplo de ausencia de sujeto también combinado con nombre encapsulador, en función de atributo es el siguiente:

Ejemplo 221 (anexo 12)

*(69) En resumen, **en una célula solar en equilibrio no aparece ningún voltaje entre sus electrodos exteriores.** (70) (*) No HUBIERA PODIDO SER DE OTRO MODO sin violar los principios de la termodinámica.*

En los textos en español, encontramos también algunos casos interesantes de encapsulamiento basados en la naturaleza semántica del verbo. Así, el verbo «bastar» cuyo significado es equivalente a «ser suficiente» y que podríamos, por tanto, considerar metáfora gramatical:

Ejemplo 222 (anexo 11)

(112) En este sistema se sustituía el pegamento por unos conectores, lo que posibilitaba que el mismo haz de fibras se aprovechara en diferentes campos; (113) BASTABA con cambiar las placas metálicas.

En este caso, «bastaba» lleva implícita información dada. Ese encapsulamiento omitido podría expresarse como una circunstancia de finalidad, «para ello» o, también cabe la posibilidad de emplear un adverbio encapsulador «entonces». En cualquier caso, esta construcción con el verbo «bastar» acompañado de la preposición «con» resulta curiosa puesto que la oración carece de un sujeto gramatical expreso. Ese sujeto surge sin problemas si expresamos la frase sin preposición, «bastaba cambiar las placas metálicas».

Otro ejemplo curioso es el siguiente en el que volvemos a encontrarnos con el verbo «bastar», pero ahora no es él el reponsable de la omisión, ya que la cláusula está completa. La omisión está en la expresión «como botón de muestra» (O. 230), que lleva implícito un complemento del nombre. Este complemento del nombre omitido encapsula la información de la oración anterior, ya que lo podríamos expresar como «botón de muestra del tipo de preguntas más filosóficas científicas que se plantea la cosmología»:

Ejemplo 223 (anexo 10)

(229) Esta cuestión podría parecer más filosófica que científica, pero la cosmología se plantea preguntas similares muy a menudo. (230) Baste como BOTÓN DE MUESTRA lo siguiente: (231) el hecho de que nuestro universo sea bastante homogéneo e isótropo en la actualidad sólo parece poder explicarse con la suposición de

condiciones iniciales muy especiales -y que forman una parte despreciable dentro del conjunto de todas las posibles condiciones iniciales-, lo cual ha llevado al estudio de modelos inflacionarios, por ejemplo.

En este ejemplo encontramos también un caso de anuncio mediante adjetivo sustantivado, «lo siguiente» (O. 230), posibilidad característica del español de la que hablaré más adelante.

En inglés, es posible encontrar ejemplos de encapsulamientos tácitos en comparaciones que recuperan información dada implícitamente:

Ejemplo 224 (anexo 3)

(121) EQUALLY IMPORTANT is the capacity of gallium arsenide and its alloys to detect light by reversing the reaction underlying LED's and laser diodes.

Algunas de las expresiones con adjetivo en comparativo o superlativo halladas en los textos ingleses que recuperan a información dada previamente son «a simpler way», «even more fundamental advantages», «the strongest contribution», «the most obvious example».

Además de los comparativos en los textos aquí analizados tanto en inglés como en español son frecuentes una serie de determinantes que recuperan la información presentada anteriormente «otro», «mismo», «diferente» o «siguiente» que Francis (1994) denomina modificadores textuales⁽⁴⁰⁴⁾. En inglés, los determinantes que señalan encapsulamiento tácito si van acompañando a un nombre de referencia textual son «another» y «other». Su presencia está por supuesto relacionada con un anuncio previo. Además de los determinantes, es frecuente también la presencia de adjetivos y participios que señalan la relación con la información dada antes como «further» o «related».

(404) Véase Francis (1994, 98-99).

En español, entre los adjetivos y participios que acompañan a los nombres encontramos en este caso los siguientes: «análoga», «igual», «intermedio», «más simple», «paralela», «resultante», «similar», «secundario».

En concreto, los casos más frecuentes de encapsulamiento tácito en inglés se suponen por la presencia de una expresión comparativa con un nombre encapsulador como en este otro ejemplo:

Ejemplo 225 (anexo 2)

(17) Because of their microscopic size and extreme chemical reactivity, clusters could not be investigated with the techniques of traditional surface chemistry or even synthesized in the laboratory, until the 1950's. (18) In these early efforts, an oven was used to vaporize a metal, which was then precipitated as clusters on a substrate. (19) Alkali metals such as sodium and potassium were tried first, at about 1,000 degrees celsius; (20) metals with higher melting and vaporizing points were studied later. (21) But the metals with the higher transition temperatures could usually be made in clusters of only three to five atoms. (22) This made it impossible to determine how many atoms were required for the emergence of properties more like a solid and less like a cluster.

(23) A MORE GENERALLY EFFECTIVE PROCEDURE, in which a solid metal is vaporized with a laser, was devised in 1981 by two groups, one led by Richard E. Smalley of Rice University, the other by Vladimir E. Bondybey of AT&T Bell Laboratories.

En este caso, la expresión comparativa de la oración 23 encapsula todo el párrafo anterior que resulta así ser «el procedimiento peor» que se contrapone al procedimiento que ahora se presenta, «*a more generally effective procedure*» (O. 23).

En los textos españoles son frecuentes los encapsulamientos por omisión consecuencia de la presencia de un adjetivo cuyo complemento no está como en el ejemplo:

Ejemplo 226 (anexo 10)

(180) Podemos obtener una idea sencilla de una colisión de ondas

*pensando en lo que ocurre cuando lanzamos dos piedras a un lago, y en cómo las olas -ondas de agua- que estas piedras generan chocan e interfieren constructiva o destructivamente. (181) **En general, los casos de colisión estudiados en física son lineales - o sea, obedecen el llamado principio de superposición - y la onda resultante no es más que la simple suma de las ondas iniciales.** (182) **Así, por ejemplo, si la cresta de una onda coincide en un punto con la cresta de la otra onda, el resultado será una cresta de altura la suma de las alturas de cada una de las crestas iniciales y lo mismo ocurre en un punto con dos valles.** (183) **Por el contrario, si una cresta coincide con un valle, ambos de igual magnitud, el resultado es la anulación de la onda.***

(184) La situación en RG es BASTANTE DISTINTA. (185) La interacción de ondas gravitatorias es no lineal. (186) El resultado producido en su colisión difiere, por tanto, del ANTEDICHO y resulta inesperado.

Así, el adjetivo «distinto» de la oración 184 que califica a «la situación en RG» llevaría implícito un complemento que podríamos expresar como «de esta situación que acabamos de mencionar». Ese complemento del adjetivo omitido encapsularía la información del párrafo anterior desde la oración 181, oración en la que se mencionan las entidades que se implican en esa situación. Esta idea de contraste se refuerza con la información de la oración 185, y «los casos de colisión en física son lineales» (O. 181) se contraponen a la afirmación de la 185, «la interacción de ondas gravitatorias es no lineal». Es necesario añadir que el adjetivo sustantivado «antedicho» (O. 185) recupera «el resultado» mencionado en las oraciones 182 y 183, resultado que ahora es diferente.

Un ejemplo más sencillo de encapsulamiento por ausencia del complemento del adjetivo es el siguiente:

Ejemplo 227 (anexo 11)

*(36) Una vez que los rayos de luz se introducían por un extremo del tubo, **se propagaban en su interior, reflejándose cada vez que encontraban la superficie interna del mismo, hasta alcanzar el otro extremo.** (37) En las fibras ópticas modernas LA LUZ se transmite de forma ANALOGA.*

Aquí, «análoga» encapsula la oración anterior, ya que podemos sobreentender un complemento del adjetivo que sería «a esta que acabamos de explicar».

La presencia de un nombre de referencia textual resulta clave, pero además podemos encontrarnos un adjetivo como sucede en el ejemplo siguiente con el adjetivo «*next*». La expresión «el paso siguiente» encapsula implícitamente «el paso anterior» que es la información dada en la oración anterior y enlaza directamente con el marcador «*first*».

Ejemplo 228 (anexo 2)

*(138) **Studies must first correlate particular metals and the sizes of individual particles with specific chemical activities.** (139) THE NEXT STEP will be to select the proper clusters and deposit them on suitable substrates, perhaps by stacking them in precise, three-dimensional lattices that may support growing molecules, as enzymes do.*

La presencia del determinante es esencial cuando el encapsulamiento está unido a la presencia de un anuncio previo. Así en el fragmento siguiente tomado de uno de los textos en inglés, la expresión de la oración 191 «*another unresolved issue*» retoma la información dada en el párrafo anterior para presentar, el tema (tópico) del nuevo párrafo que es ese asunto sin resolver:

Ejemplo 229 (anexo 6)

*(187) Several fundamental issues are still to be solved. (188) FOR ONE, investigators have not yet tackled **the issue of how energy quantization influences single-electron charging effects in circuits that consist of many quantum dots or quantum wells.** (189) **A preliminary analysis shows that** in such structures an electron can behave simultaneously as a wave and as a particle. (190) If THIS PREDICTION turns out to be true, it will be very important for fundamental physics. (191) **ANOTHER UNRESOLVED ISSUE** is whether the correlated transfer of electrons requires tunneling.*

Los encapsulamientos implícitos por presencia de anuncio se basan en la naturaleza semántica de la palabra, como en el ejemplo siguiente sucede con la palabra «ventaja» que implica siempre superar algo o superar a alguien:

Ejemplo 230 (anexo 11)

(49) Esto permitirá aumentar la superficie colectora de forma que, si no se produjesen pérdidas en la transmisión, observar con, por ejemplo, 10 telescopios de un metro cuadrado de superficie colectora, equivaldría a observar con un único telescopio de 10 metros cuadrados de superficie colectora. (50) LA VENTAJA era evidente, pues desde el punto de vista tecnológico la complicación y el coste a la hora de construir telescopios aumenta espectacularmente con su tamaño.

Este tipo de encapsulamiento es habitual también en inglés, como vemos con la palabra «answer» (O. 2), que recupera implícitamente la pregunta de la oración 1:

Ejemplo 231 (anexo 6)

(1) *What is the smallest amount of electric charge that can sit on the head of a pin?* (2) *THE ANSWER may surprise.*

Este ejemplo muestra claramente la función de este tipo de anuncios en la organización textual, ya que la respuesta a esa pregunta se extenderá todo el párrafo y no llegará hasta la oración 9.

Ejemplo 232 (anexo 6)

(1) What is the smallest amount of ELECTRIC CHARGE that can sit on the head of a pin? (2) THE ANSWER may surprise. (3) A PIN, like almost everything else, consists of electrons, protons and neutrons. (4) EACH PROTON holds one fundamental unit of charge (denoted as + e), and each electron carries a similar negative charge (-e); (5) THE NEUTRON has no CHARGE. (6) It may seem that THE TOTAL CHARGE ON THE HEAD OF THE PIN could be found by counting the number of protons, subtracting the number of electrons and ignoring the

neutrons. (7) Using **THIS LOGIC**, the smallest nonvanishing amount of charge should be $+e$ or $-e$. (8) **BUT** recent experiments demonstrate **OTHERWISE**. (9) **THEY clearly show that the charge on the head of a pin can be equal to a fraction of the charge of an electron, for example, $+0.5e$ or $-0.1e$.**

Recuperan información dada «*the answer*» (O. 2), «*but*» (O. 8) y «*Otherwise*» (O. 8). En cambio, «*it may seem that*» (O. 6) es un anuncio que presenta la primera respuesta, que rebatirá la oración 8 que a la vez anuncia la respuesta de la 9 mediante «*otherwise*».

Otro nombre que por su significado recupera implícitamente información dada es la palabra «ejemplo» de la oración 121 que recupera la información de la oración 120. En este caso el superlativo refuerza el valor de ese ejemplo:

Ejemplo 233 (anexo 4)

(120) **But many parts of the central nervous system are in fact thin sheets that carry two-dimensional representations of computationally relevant information.** (121) *The retina is merely THE MOST OBVIOUS EXAMPLE.*

O la palabra «explicación» del fragmento siguiente. En este caso, la oración 155 recupera implícitamente lo dicho antes en un posible complemento del nombre inexistente de la palabra «explicación» (O. 155); lo que ahora se va a explicar es la cuestión de la 154, de la que se pregunta en la 153:

Ejemplo 234 (anexo 9)

(154) *¿Es que no se manifiesta LA ESTRUCTURA GEOMÉTRICA DEL MICROAGREGADO?* (155) *En nuestro grupo se ha trabajado bastante para aclarar ESTA CUESTIÓN.* (156) COMO POSIBLE EXPLICACIÓN *hemos sugerido que la temperatura de los microagregados formados en expansiones supersónicas es alta y sus átomos se hallan en movimiento, no disponiéndose en estructuras geométricas bien definidas.*

La naturaleza de los nombres que constituyen encapsulamiento implícito en anuncio confirma la idea de que son mecanismos de creación textual ligados a la valoración y justificación de la información dada como se desprende de los nombres hallados en los textos:

NOMBRES CON ENCAPSULAMIENTO TÁCITO

Textos en inglés		
<i>advantage</i>	<i>disadvantage</i>	<i>progress</i>
<i>analysis</i>	<i>efforts</i>	<i>reason</i>
<i>answer</i>	<i>example</i>	<i>respect</i>
<i>application</i>	<i>factors</i>	<i>result</i>
<i>bonus</i>	<i>handicap</i>	<i>situation</i>
<i>case challenge</i>	<i>improvement</i>	<i>step</i>
<i>consequence</i>	<i>issue</i>	<i>technique</i>
<i>contribution</i>	<i>means</i>	<i>trick</i>
<i>counterexample</i>	<i>path</i>	<i>way</i>

Textos en español		
<i>caso</i>	<i>idea</i>	<i>principio</i>
<i>condición</i>	<i>intensidad</i>	<i>punto de vista</i>
<i>cuestión</i>	<i>manera</i>	<i>razón</i>
<i>efecto</i>	<i>misión</i>	<i>realidad</i>
<i>ejemplo</i>	<i>modo</i>	<i>resultado</i>
<i>estrategia</i>	<i>noción</i>	<i>situación</i>
<i>explicación</i>	<i>opción</i>	<i>ventaja</i>
<i>forma</i>	<i>orden de cosas</i>	
<i>fundamento</i>	<i>palabra</i>	

Como sucedía en el caso de las entidades tácitas que resultaba ser en la mayoría de los casos encapsulamientos y por tanto correspondían al tema de este capítulo, estos encapsulamientos implícitos forman parte de anuncios y por tanto introducen ya el tema del próximo capítulo, el anuncio y son por ello el último punto de este capítulo.

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO

TEXTOS	ENCAPSULAMIENTOS TÁCITOS
--------	--------------------------

TEXTOS EN INGLÉS

1. <i>The quantum effect device: tomorrow's transistor?</i>	The progress (19) The challenge (123) The results (127)
2. <i>Microclusters</i>	Another example of ... (46) In other cases (61) A counterexample (62) One promising application (109) The first step (146) The trick (149)
3. <i>Progress in gallium arsenide semiconductors</i>	Other factors (44) One example (72) By other, often less convenient means (144) Another major disadvantage of gallium arsenide and related compounds (148) New techniques (156) A further economic handicap (160)
4. <i>The silicon retina</i>	The strongest contribution (24) The result (71) The most obvious example (121) As an example (127) Another path (136)
5. <i>Microlasers</i>	Steady improvements (49) The result (68) As a consequence (78) Another advantage of molecular beam epitaxy (96) In a novel etching step (101) Related efforts (109) The reason (119) An added bonus (121) Even more fundamental advantages in power and speed (126)
6. <i>Single electronics</i>	The answer (2) The easier case of ... (31) In this case, (57) In this respect (79) In many situations (86) A simpler way to... (120) As a result, (124) Several fundamental issues (187) A preliminary analysis (189) Another unresolved issue (191) A contribution (196)

TEXTOS	ENCAPSULAMIENTOS TÁCITOS
--------	--------------------------

TEXTOS EN ESPAÑOL

7. <i>La física de superficies</i>	La condición básica requerida (120) Una estrategia extendida en la actualidad (166)
8. <i>Transiciones de fase en las perovskitas</i>	La situación más simple (34) En otros casos (42) Un efecto secundario (52) El efecto neto (60) El efecto resultante (89) Un caso significativo (100) Efectos (136)
9. <i>Propiedades de los microagregados metálicos</i>	El resultado neto (119) Ideas similares (150) Como posible explicación (156) En otros casos (185) El fundamento físico (188)
10. <i>Singularidades en relatividad general</i>	Nuestra noción intuitiva (24) El resultado (42) En otras palabras (73) El resultado (182) El resultado (188) En todos los casos (209) Dos cuestiones diferentes (214) En otras palabras (236)
11. <i>Espectroscopía astrofísica con fibras ópticas</i>	La razón (8) Claros ejemplos (15) Con igual intensidad (29) El principio (35) De forma análoga (37) La ventaja (50) El resultado del ensayo (53) De manera paralela (93) Lo contrario (135) Otra opción (141) Un par de ejemplos (152) Otra realidad (167)
12. <i>Células solares muy eficientes</i>	Casos típicos (7) Desde otro punto de vista (45) De otro modo (70) Una amplia variedad de casos intermedios (89) Otra condición (122) En el mismo orden de cosas (152) Por razones similares (177) La segunda misión de esta estructura (204) (** en este caso el encapsulamiento está explícito) En la mayoría de los casos (225)

VIII. LAS RELACIONES ORACIONALES EN EL PLANO INTERACTIVO: EL ANUNCIO Y LOS MARCADORES O CONECTORES

Como mecanismo de cohesión, el «anuncio» indica que la oración así introducida supone una ruptura «parcial» con la información previa. La oración que ahora se presenta tiene un valor especial que ese anuncio señala.

Es frecuente que las oraciones que constituyen anuncio actúen al mismo tiempo como encapsulamiento y recuperen de forma explícita información dada previamente, pero la mayoría de las veces el anuncio supone la recuperación implícita de la información dada.

Un caso especial de anuncio son los denominados «conectores» o «marcadores» cuya mención supone siempre un encapsulamiento de información anterior con la que se relaciona lo que ahora se dice.

Los mecanismos de anuncio hallados en los textos analizados son: a) los nombres de referencia textual, b) las nominalizaciones de adjetivo u oraciones de relativo, c) las formas verbales que actúan como llamada de atención al lector, d) los adverbios oracionales y e) las preguntas. A estos mecanismos, se añaden los marcadores que suponen al mismo tiempo encapsulamiento.

8.1. EL ANUNCIO MEDIANTE NOMBRE

El anuncio mediante nombre está muy relacionado con el encapsula-

miento nominal. Por ello, a excepción del trabajo de Tadros (1994), los autores que se han ocupado de este tema, en particular Sinclair (1993; 1994) y Francis (1994), lo han hecho a la vez del encapsulamiento.

La relación entre el encapsulamiento y el anuncio mediante nombre no existe porque se trate de la misma clase de palabra. En realidad, podríamos decir que nos encontramos ante el mismo fenómeno, pero a la inversa. Ahora, el nombre que funciona como anuncio también encapsula, pero no la información que ya se ha dado, sino la que está por venir como sucede en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 235 (anexo 7)

*(57) En los últimos años, la física en dos dimensiones nos ha deparado ya algunos descubrimientos inesperados; (58) **ENTRE OTROS, la naturaleza especial de la fusión superficial o efecto Hall cuántico, por el cual Klaus von Klitzing recibió el premio Nobel en 1985.***

Este funcionamiento es, por supuesto, consecuencia de la naturaleza semántica de las palabras y como puede verse en la siguiente enumeración de los nombres anuncio hallados en los textos analizados, éstos son del mismo tipo que los nombres utilizados en encapsulamiento:

TEXTOS EN INGLÉS		TEXTOS EN ESPAÑOL	
advance	situation	aplicación	limitación
case	success	avance	modo
challenge	technique	campo	posibilidad
characteristic	way	caso	pregunta
conclusion		causa	problema
information		consecuencia	proceso
issue		cuestión	propiedad
path		descubrimiento	razón
problem		forma	respuesta
question		futuro	resultado
reason		idea	terreno

Puede afirmarse entonces que el funcionamiento como encapsulamiento y como anuncio no depende sólo de la naturaleza del nombre en sí, sino también de sus condiciones particulares de uso. En este sentido, los casos encontrados en los textos permiten observar que este funcionamiento está ligado al determinante que acompaña a ese nombre.

El anuncio mediante nombre puede presentar varias modalidades unidas a la presencia de un determinante particular.

En un primer tipo, el nombre puede ir acompañado de enumeración. Tadros (1994) hablaba, en este caso, de términos «enumerables». Goutsos (1996, 511) también recoge la función como anuncio de los numerales. La función de ese numeral es evidentemente indicar que el anuncio se extiende más de una oración como en el siguiente ejemplo:

Ejemplo 236 (anexo 6)

*(174) Conceivably, single-electron circuits could be made even more dense, but such attempts will encounter two problems. (175) **FIRST, researchers need to pioneer techniques to fabricate complex structures whose smallest dimension is less than 10 nanometers. (176) SECOND, they must determine how single-electron effects change as the dimensions of the device decrease to the atomic scale.***

Acompañados de una expresión numérica, encontramos muchos de los sustantivos que veíamos antes funcionando como nombres encapsuladores. Esa expresión numérica puede ser exacta o aproximada. Así, en el fragmento siguiente la expresión «*in two ways*» (O. 11) anuncia la información que se presenta en concreto en las oraciones 12 y 15:

Ejemplo 237 (anexo 3)

(11) Since the invention of the transistor in 1948 by John Bardeen,

*Walter H. Brattain and William B. Shockley of Bell Telephone Laboratories, researchers have tried to improve SEMICONDUCTORS in two ways. (12) **FIRST**, physicists and electrical engineers seek **MATERIALS** that can switch on and off more quickly and perhaps perform other tasks, such as the detection and generation of light. (13) **INDEED**, it was toward **THESE ENDS** that **GALLIUM ARSENIDE**, which does not occur in nature, was formulated in the 1950's by Heinrich Welker of Siemens Laboratories. (14) **HE ALSO** investigated closely from elements in the columns of the periodic table adjacent to silicon and germanium, the constituents of the earliest transistors. (15) **SECOND**, **ENGINEERS** refine the techniques by which semiconductors are manufactured.*

Este ejemplo me permite mencionar tres características importantes del anuncio. En primer lugar, el anuncio realizado en una oración puede extenderse varias. En este caso, el anuncio se realiza en la oración 11, y lo anunciado son las oraciones 12 y 15. En segundo lugar, el anuncio se combina con el resto de los procedimientos de señalización metadiscursiva de la intención del autor. Así, esas «dos formas», «*two ways*» (O.12), se señalan en cada una de las oraciones mediante marcadores; mediante «*first*» en la oración 12 y mediante «*second*» en la oración 15. En tercer lugar, el anuncio permite intercalar información adicional. Así las oraciones 13 y 14 amplían la información de la oración 12. Su interpretación como continuación de lo afirmado en la oración 12 se reconoce gracias a la presencia de las expresiones «*indeed*» y «*also*». «*Indeed*» (O. 13) nos indica que el valor de esta oración es añadir nueva información que corrobora lo dicho en la oración 12; «*also*» nos indica que la oración 14 está unida a la oración previa y su valor en cuanto a la intención es el mismo que la oración 13.

La relación entre estas oraciones en el plano de la intención se confirma mediante los mecanismos de cohesión en el plano del contenido. Así, «*materials*» (O. 12) recupera mediante hiperónimo la entidad «*semiconductors*» (O. 11) y el encapsulamiento, «*these ends*» (O. 13) recoge el rema de la oración inmediatamente anterior, «*that can switch on and off more quickly and perhaps perform other tasks, such as the detection and generation of light*» (O. 12). La oración

14 recupera mediante pronombre, «*he*», la entidad de la oración 13, «*Heinrich Welker of Siemens Laboratories*».

En el segundo tipo de anuncio, el nombre indica el valor comunicativo del fragmento anunciado. En este tipo de anuncios el autor del texto se compromete a realizar un acto discursivo determinado como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 238 (anexo 12)

(156) *¿Cuál es el rendimiento que se puede alcanzar CON ESTE MATERIAL?* (157) *A la respuesta de ESTA PREGUNTA* vamos a dedicar ahora algún espacio.

En este caso, es muy frecuente que el anuncio aparezca acompañado de encapsulamiento como en este último ejemplo, en el que la expresión «a la respuesta» tiene como complemento del nombre la expresión encapsuladora «de esta pregunta» (O. 157). Corresponde este tipo de anuncio al que Sinclair y Tadros denominan «anuncio etiquetador», ya que se trata de nombres que actúan como etiquetas que califican lo que se va a decir y está muy próximo a la siguiente modalidad de anuncio.

Otro caso son los nombres acompañados de adjetivos que suelen presentar una valoración de la información que se va a dar después. Así, en el ejemplo siguiente la expresión de la oración 15, «*a formidable challenge*», es una valoración de la información dada en la oración 16:

Ejemplo 239 (anexo 1)

(15) *Because they can be about 100 times smaller than the devices in present-day integrated circuits, however, designing and fabricating a viable device presents a formidable challenge.* (16) ***Manufacturing processes will have to become considerably more sophisticated, and new strategies for interconnection and architecture will have to be devised to cope with the especial problems of size reduction.***

En los textos españoles encontramos adjetivos claramente evaluativos como «anómala», «interesante» y «fundamental»:

Ejemplo 240 (anexo 8)

(49) A las temperaturas en que se producen las transiciones de fase (cambios de simetría), la permitividad eléctrica, la capacidad calorífica y la expansión térmica, entre otras magnitudes físicas, varían de forma anómala. (50) **En concreto, en la primera transición a 393 grados kelvin aparecen dipolos eléctricos que se alinean de manera espontánea (fase ferroeléctrica), y la permitividad eléctrica aumenta considerablemente.**

Ejemplo 241 (anexo 12)

(72) Cumplen esas regiones fuertemente dopadas una propiedad interesante: (73) **la diferencia de energías entre el límite de la banda y el pseudo-nivel de Fermi de portadores mayoritarios (banda de conducción y pseudonivel de electrones, en emisores N⁺, banda de valencia y pseudonivel de huecos en emisores P⁺) es fija e inalterable por la iluminación.**

Ejemplo 242 (anexo 12)

(107) Para incrementar el voltaje conviene aumentar las generaciones mediante concentración de luz incidente, y, luego, reducir las recombinaciones hasta forzar la mayor separación de pseudoniveles de Fermi para una corriente dada. (108) LO PRIMERO tiene una limitación fundamental: (109) **La máxima potencia luminosa que se puede conseguir en la tierra es la misma que encontramos en la fotosfera solar, unas 50.000 Veces la potencia luminosa que incide sobre nuestro planeta.**

También son frecuentes los adjetivos relacionados con orden en el tiempo, lo que nos demuestra la estrecha relación que existe entre todos los usos del anuncio:

Ejemplo 243 (anexo 8)

(52) En el caso de que se produzca una gran deformación en el transcurso de una transición de fase, aparece un efecto secundario.

(53) El material se rompe o fractura en dominios cristalográficos, cuyos ejes principales en la fase deformada coinciden con los equivalentes en la fase de simetría superior.

Tanto en inglés como en español, es habitual la presencia en los anuncios de un adjetivo calificativo, combinado también con numeral. En el ejemplo siguiente el alcance del anuncio se extiende todo el párrafo:

Ejemplo 244 (anexo 7)

(8) En el curso del enorme avance científico que tuvo lugar en el siglo pasado se pusieron las bases para dos de las aplicaciones más importantes, todavía hoy, de la ciencia de superficies. (9) En 1833, Michael Faraday realizó unos cuidadosos experimentos que le permitieron adelantar una explicación del misterioso efecto que producía el platino sobre la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno, induciéndola a temperaturas muy inferiores a la de combustión. (10) Faraday sentó así los fundamentos de nuestra comprensión actual de la acción catalítica de la superficies sólidas. (11) En 1873, Karl Ferdinand Braun observó, por su parte, que la unión entre una punta afilada metálica y cristales de semiconductores compuestos (el sulfuro de hierro o plomo) presentaba propiedades rectificadoras, esto es, que la corriente eléctrica circulaba mejor en una dirección que en la opuesta. (12) El joven Braun (tenía 24 años en ese momento) atribuyó ese comportamiento a la existencia de una capa delgada en la interfase entre ambos materiales. (13) Este descubrimiento es la base de los diodos y transistores presentes en toda la electrónica moderna. (14) Braun recibió el premio Nobel de física en 1909, junto con Marconi, por el desarrollo de los rectificadores de estado sólido que condujo a la telegrafía sin hilos.

En español encontramos, además de los casos ya mencionados, los siguientes ejemplos de combinación de numeral y adjetivo. En el texto «La física de superficies», por ejemplo, podemos encontrar los siguientes casos, «Dos avances importantísimos...» (O. 15), «Algunos descubrimientos inesperados...» (O. 57), «Unos resultados sorprendentes...» (O. 156), «Un terreno de gran interés práctico...» (O. 161). En estos ejemplos, es evidente la contribución del anuncio a la evaluación de la información.

Dada la condición del anuncio de presentación de información nueva o de señalización de un cambio en la orientación de la información es frecuente su situación al principio de un párrafo. Cuando el anuncio mediante nombre inicia párrafo suele presentarse en construcciones atributivas o existenciales que permiten presentar simultáneamente el encapsulamiento de la información dada y el anuncio de la información nueva. Así, en el fragmento siguiente el complemento del nombre «*de este teorema*» recupera la información dada anteriormente para incorporarla en un anuncio y explicar su importancia:

Ejemplo 245 (anexo 10)

(157) La importancia de ESTE TEOREMA es doble. (158) Por una parte, indica que las desviaciones de la simetría esférica no impiden la formación de singularidades en el colapso gravitatorio, ya que según los resultados de Chandrasekhar y Oppenheimer parece claro que en tales situaciones existirán superficies atrapadas. (159) Segundo, Y QUIZÁ MÁS IMPORTANTE, impulsó y estimuló a otros físicos a estudiar y extender ESTOS RESULTADOS.

Se puede concluir que toda afirmación atributiva exige su justificación o explicación en el texto que sigue. Son varios los ejemplos encontrados en los textos de construcciones atributivas cuyo valor se manifiesta en las oraciones siguientes:

Ejemplo 246 (anexo 11)

(163) El futuro de estos instrumentos resulta prometedor. (164) En primer lugar son continuos LOS PROGRESOS para superar los problemas derivados del acoplamiento de las fibras en el plano focal, así como los orientados a evitar los efectos de la degradación de la razón focal. (165) El desarrollo de detectores bidimensionales CCD («Charged Coupled Device») de gran formato puede aumentar por un factor 2 o 3 el número de fibras adaptables a ESTOS SISTEMAS. (166) A ESTO hay que unir la construcción de espectrógrafos de nuevo diseño, capaces de admitir este mayor número de fibras.

En estas oraciones que realizan el anuncio, los mecanismos de

cohesión contribuyen a ese reconocimiento. La oración 164 señala la presencia de la primera parte del anuncio mediante el marcador «en primer lugar» y en el plano del contenido el nombre «los progresos» (O. 164) recupera implícitamente la entidad de la que se habla «estos instrumentos» (O. 163). Esta entidad se recuperará mediante hiperónimo en la oración siguiente, «estos sistemas» (O. 165). El hecho de que las oraciones 164 y 165 se conecten simplemente por la existencia de una entidad común las hace dependientes. La oración 166 recupera la información dada en la oración 165 mediante encapsulamiento, «a esto», y añade otro ejemplo que justifica la afirmación antes realizada.

Cuando el anuncio se realiza en la oración siguiente en español, encontramos, en varias ocasiones, la presencia del adjetivo «siguiente» en expresiones como «de la siguiente forma», «del siguiente modo» o «cuestiones del siguiente tenor».

Otro recurso frecuente en el anuncio es la puntuación. Así, en aquellos casos en los que el anuncio se presenta en la oración siguiente, se emplean los dos puntos y si el anuncio se extiende más de una oración, la separación entre las oraciones puede indicarse mediante una pausa más débil, punto y coma.

Ejemplo 247 (anexo 7)

*(122) En cambio, la mayoría de los metales de uso cotidiano, desde un tenedor hasta las pistas de metalización de un circuito integrado, son policristales: (123) **SUS superficies están constituidas, pues, por una variedad de planos cristalinos.***

Ejemplo 248 (anexo 12)

*(8) Sin embargo, el reto sigue siendo abaratar esta energía, aun cuando se ha avanzado mucho ya en ese sentido: (9) **hoy es unas siete veces más barata que hace veinte años, pero todavía hay que abaratarla entre dos y cuatro veces para que sea rentable en competencia con otras fuentes convencionales.***

Ejemplo 249 (anexo 10)

(29) En cualquier caso, esta singularidad podría calificarse de benigna, por las siguientes dos razones: (30) PRIMERO, es evidente que la singularidad indica la existencia de una fuente del campo -la carga que crea el campo-; (31) SEGUNDO, aunque el campo eléctrico se hace infinito, el resto de las magnitudes físicas no se ven afectadas por ello y, aún más importante, las bases fundamentales de toda la física, el espacio y el tiempo permanecen inalteradas.

La función de la puntuación en la señalización del anuncio es evidente en el siguiente ejemplo:

Ejemplo 250 (anexo 7)

*(166) Una estrategia extendida en la actualidad consiste en desarrollar, en condiciones de ultra alto vacío, cristales sintéticos de periodicidad artificial: **las superredes**. (167) UNA SUPERRED METÁLICA está formada por capas delgadas alternadas de dos metales A y B, de distintas propiedades. (168) EN EL CASO QUE NOS OCUPA, A sería un material magnético y B un metal no magnético. (169) Los átomos de AMBOS METALES se evaporan cuidadosamente sobre un soporte elegido, para que el crecimiento de ambos sea epitaxial y sus periodicidades verticales bien definidas. (170) DE ESTE MODO, se consigue desarrollar cristales con las periodicidades deseadas de fases que no existen en la naturaleza o que son metaestables.*

En este fragmento, la oración 166 presenta un anuncio mediante el nombre «estrategia» en la expresión «una estrategia extendida en la actualidad para desarrollar un tipo de cristales» y los dos puntos nos indican que esos cristales son las «superredes». Queda pendiente explicar la estrategia.

Se trata de un ejemplo de lo que he denominado «anuncios internos», es decir, anuncios que presentan información que el autor proporciona en la misma oración, pero cuyo alcance se extiende a las oraciones siguientes. Así, las oraciones 167 y 168 explican las superredes, qué son exactamente en este caso, y su proceso de formación se explica en la oración 169. Los mecanismos de cohesión existentes entre estas oraciones lo confirman así.

La oración 167 se relaciona con la 166 mediante entidad relacionada por metonimia; se trata de la relación genérico-específico, ya que «una superred metálica» (O. 167) es un ejemplo de «las superredes» mencionadas en la oración 166. La oración 168 recupera, mediante el nombre encapsulador «caso», la entidad. Se trata de la superred que interesa aquí. La oración 169 recupera los metales mencionados anteriormente mediante la expresión «ambos metales». Por último, estas tres oraciones se encapsulan mediante la expresión «de este modo» (O. 170). Este circunstancial recupera exactamente la información de la oración 169. El proceso de formación de los cristales que se explica en esa oración resulta ser la estrategia extendida en la actualidad. El texto lo va a aclarar porque la oración 170 recupera directamente la información de la oración 169 y anula el valor de las anteriores, ya que retrocede a la información de la oración 166. Ese retroceso se manifiesta en las entidades de las que se habla: los «*cristales con las periodicidades deseadas de fases que no existen en la naturaleza*» (O. 170) son los «*cristales sintéticos de periodicidad artificial*» de la oración 166.

Una posibilidad de funcionamiento que presentan estos nombres anuncio usados en construcciones atributivas es la inversión. La oración se caracteriza por la presencia de un adjetivo en posición inicial que se refiere al nombre anuncio que aparece después como la oración 159 del ejemplo siguiente:

Ejemplo 251 (anexo 7)

(154) *Cuando el cristal del substrato se ha preparado de una manera cuidadosa, es posible desarrollar capas bidimensionales de alta perfección estructural.* (155) *Así, Juan José de Miguel, del LASUAM, en un trabajo conjunto con el grupo de J. Kirschner, de la Universidad Libre de Berlín, ha determinado la temperatura de curie de capas ultracongeladas de cobalto de espesor variable crecidas epitaxialmente sobre cobre.* (156) *Han obtenido unos resultados sorprendentes.* (157) *La temperatura de Curie de películas delgadas es mucho menor que la del material masivo y, además varía notablemente con el espesor evaporado.* (158) *Se necesitan de cinco a seis capas de átomos para alcanzar la temperatura de Curie del volumen.* (159) **MÁS SORPREN-DENTE AÚN es el hecho de que** una extrapolación lineal de los datos

experimentales sugiera que la temperatura de curie de una sola capa atómica de cobalto sea de cero grados Kelvin; (160) esto es, una capa estrictamente bidimensional no presentaría orden magnético a ninguna temperatura finita.

En este fragmento, el adjetivo en comparativo «más sorprendente aún» (O. 159) acompaña al nombre anuncio «hecho». Por tratarse de un comparativo es al mismo tiempo un caso de encapsulamiento, ya que recupera la información dada anteriormente, concretamente la información dada en la oraciones 157 y 158, que presentan los resultados sorprendentes anunciados a su vez en la oración 156.

Los casos de anuncio mediante nombre encontrados en los textos analizados pueden verse a continuación. Es importante destacar la presencia de numerales y adjetivos calificativos.

ANUNCIO MEDIANTE NOMBRE

TEXTOS	NOMBRES
--------	---------

TEXTOS EN INGLÉS

1. <i>The quantum effect device: tomorrow's transistor?</i>	At the same solution: (10) A problem: (49)
2. <i>Microclusters</i>	Questions that... (4) The conclusion to be drawn from these studies (106) In many cases... (122) Further information about... (88)
3. <i>Progress in gallium arsenide semiconductors</i>	In two ways. (11) For economic and practical reasons. (125) This problem of manufacturing technology (134) Partial success: (154)
4. <i>The silicon retina</i>	Two potentially divergent paths... (130)
5. <i>Microlasers</i>	Significant advances... (12) One characteristic that... (39) Two crucial techniques... (61) Two paths... (110)
6. <i>Single electronics</i>	In many situations... (86) Several fundamental issues... (187)

TEXTOS	NOMBRES
TEXTOS EN ESPAÑOL	
7. <i>La física de superficies</i>	Dos de las aplicaciones más importantes... (8) Dos avances importantísimos... (15) Algunos descubrimientos inesperados... (57) Unos resultados sorprendentes... (156) Un terreno de gran interés práctico... (161)
8. <i>Transiciones de fase en las perovskitas</i>	En dos campos distintos, aunque complementarios... (1) De forma anómala... (49)
9. <i>Propiedades de los microagregados metálicos</i>	Cuestiones del siguiente tenor: (4) En cualquier caso... (159) Del siguiente modo... (163) En algunos casos... (182)
10. <i>Singularidades en relatividad general</i>	De la siguiente forma: (166) Dos posibilidades... (169) Dos razones: (192) A una nueva pregunta... (227) Una pequeña serie de preguntas... (241)
11. <i>Espectroscopía astrofísica con fibras ópticas</i>	El proceso de ... (25) El resultado del ensayo (53) Estas posibilidades que ... (92) Por razones que se verán más adelante. (97) El primer problema que surge en espectroscopía multiobjeto ... (98) Como consecuencia de este efecto... (138) Muchos los programas... (161) El futuro de estos instrumentos... (163)
12. <i>Células solares muy eficientes</i>	Por distintas causas... (25) Una propiedad interesante: (72) Una limitación fundamental: (108) Algunas ideas prácticas... (147) A la respuesta de esta pregunta (157)

8.2. EL ANUNCIO MEDIANTE NOMINALIZACIÓN

El procedimiento de anuncio que presento ahora está íntimamente relacionado con el anterior debido a su función evaluadora. También está relacionado con el encapsulamiento; en este caso concretamente con el procedimiento de la nominalización o sustantivación. Se trata de anuncios realizados gracias a la presencia de un adjetivo sustantivado mediante un pronombre neutro como en el caso siguiente:

Ejemplo 252 (anexo 11)

(130) Cuando se opera en uno de esos rangos espectrales se eligen fibras que, sacrificando su transmisión en uno de ellos, mejore su comportamiento en el otro. (131) La cantidad de contaminante hidroxilo (OH), empleado en la construcción de la fibra, permite modificar la transmisión en estas zonas. (132) Así las fibras «húmedas» consiguen mejores transmisiones en el ultravioleta cercano; (133) por tales se entiende aquellas a las que, durante el proceso de fabricación, se les aumenta la proporción de OH. (134) Como contrapartida, este radical produce unas fuertes bandas de absorción en 950 nanómetros. (135) LO CONTRARIO ocurre con las fibras «secas», a las que se disminuye la proporción de OH para mejorar su transmisión en el infrarrojo cercano.

Además de anunciar la información nueva que se presenta en la oración, «lo contrario» (O. 135) encapsula implícitamente la información dada antes porque supone la presencia de un complemento encapsulador «lo contrario a esto que se acaba de explicar».

El anuncio con adjetivo sustantivado admite también la posibilidad de situarse al final de la oración y anunciar la información de la oración siguiente como en este otro ejemplo:

Ejemplo 253 (anexo 10)

*(230) Baste como BOTÓN DE MUESTRA lo siguiente: (231) **el hecho de que NUESTRO UNIVERSO sea bastante homogéneo e isótropo en la actualidad sólo parece poder explicarse con la suposición de condiciones iniciales muy especiales -y que forman una parte despreciable dentro del conjunto de todas las posibles condiciones iniciales-, lo cual ha llevado al estudio de modelos inflacionarios, por ejemplo.***

En este caso la oración en la que se realiza el anuncio presenta a su vez un anuncio interno mediante nombre, «el hecho de que...» (O. 231).

Otra construcción de los textos en español que realiza esta función de

anuncio e indica un cambio en la orientación de la información son las oraciones de relativo sustantivadas⁽⁴⁰⁵⁾. El procedimiento no es de uso general en los textos analizados, pero puede encontrarse algún ejemplo que muestra su utilización como mecanismo para introducir nueva información que aporta una explicación de lo ya dicho como se observa en el párrafo siguiente:

Ejemplo 254 (anexo 10)

*(211) Me gustaría abundar en este tema, pues la afirmación anterior podría calificarse de heterodoxa. (212) Nada más lejos de la realidad. (213) Existen muchísimas soluciones de las ecuaciones de Einstein de la RG libres de singularidades. (214) **Lo que sucede es que se comete el error generalizado de confundir dos cuestiones diferentes.** (215) La primera es la antedicha afirmación. (216) La segunda es: (217) ¿tiene singularidades nuestro universo? (218) La respuesta a esta pregunta puede ser afirmativa, debido principalmente a la posible existencia de regiones atrapadas. (219) Pero esto último es un hecho observacional y no forma parte del cuerpo teórico básico de la RG. (220) La comprensión de esta diferencia debería eliminar el carácter heterodoxo de la negación de la implicación necesaria de las singularidades por la RG.*

En este fragmento, la oración de relativo sustantivada «lo que sucede es que» (O. 214) introduce la explicación del tema en el que el autor quiere abundar (O. 211).

En inglés, esta construcción se corresponde con las oraciones nominales de relativo. Este tipo de oraciones tiene claramente una función enfática como se observa en el siguiente fragmento:

Ejemplo 255 (anexo 1)

(88) As it happens, that distinction is not crucial for transistor operation.

(405) Estas oraciones de relativo sustantivadas no siempre funcionan como anuncio como puede verse en los ejemplos presentados por la Gramática de la R.A.E (1973, 527). Pero su funcionamiento como tal mecanismo ha sido reconocido en estudios más recientes de la conexión oracional. Así, Wagemans (1994, 409) las clasifica como «empuñaduras», procedimiento de conexión que ocupa, en la oración, posición inicial.

(89) *What does matter is that in a quantum-effect device two slightly different voltages can evoke profoundly different responses.*

Quirk et al. (1985, 1069) reconocen el valor cohesivo de estas oraciones y las consideran equivalentes en su función a un conector. Este tipo de oraciones están también muy próximas a las denominadas «oraciones hendidas», «*WH-cleft sentences*» (Downing y Locke, 1992, 249). Los usos que estos autores señalan para esta construcción confirman su función cohesiva: presentar un tópico nuevo, recuperar una entidad o tópico anterior y corregir una afirmación previa.

Otro ejemplo de cláusula con valor cohesivo, a la vez evaluativo, es la expresión, «*What is most surprising*» (O. 43) del fragmento siguiente:

Ejemplo 256 (anexo 6)

(41) *Hence, the important quantity is not the charge in any given volume but rather how much charge has been carried through the wire.*
(42) *This quantity is designated as the «transferred» charge.* (43) *What is most surprising, THIS CHARGE can have practically any value, even a fraction of the charge of a single electron.*

Muy relacionado con este tipo de oraciones está el uso de adjetivos con valor intensificador y comparativos también con una clara función evaluadora. Quirk et al. (1985, 426) reconocen la relación entre ambas construcciones y comentan que algunos autores no consideran este uso de «*most important*» totalmente correcto.

Ejemplo 257 (anexo 6)

(144) *Most important, as Averin and Likharev showed in 1985, this correlated tunneling can be controlled if electric charge is continuously injected into (or removed from) the electrode that connects the two junctions.*

Ejemplo 258 (anexo 4)

(107) *EVEN MORE IMPORTANT, however, the capacity of analog neural circuits to operate in unpredictable environments depends on their ability to represent information in context.*

8.3. EL ANUNCIO MEDIANTE VERBO

El tipo de anuncio que presento ahora no lo realiza un nombre, sino una forma verbal. Se trata del uso de verbos de procesos mentales o de comportamiento⁽⁴⁰⁶⁾ como recurso para insertar la información que proporciona la nueva oración. Una de las formas verbales más frecuentes es el imperativo. La utilización del imperativo como mecanismo de inserción oracional confirma la hipótesis de que se trata de cohesión en el plano interactivo. La función del imperativo es llamar la atención del lector para indicar un cambio en el devenir de la información.

Este uso del imperativo como procedimiento señalizador para presentar información nueva que permite al escritor conducir su argumentación lo han percibido recientemente otros autores. Lamiroy y Swiggers (1991, 122) hablan de este uso del imperativo como señal discursiva y mencionan, entre otros, el caso concreto del francés «*tiens*». Más recientemente, Swales et al. (1998) estudian lo que ellos denominan un fenómeno marginal⁽⁴⁰⁷⁾ en el artículo académico y señalan (Swales et al., 1998, 97) «*Results show that main-text imperatives tend to congregate in sections where the principal argumentation occurs...*». El estudio de estos autores es cuantitativo y en la muestra por ellos analizada los imperativos más frecuentes son «*see*», «*consider*» y «*note (that)*» y reconocen las siguientes funciones, atraer la atención del lector, lograr economía textual y manifestar un estilo personal.

Los casos de imperativo hallados en los textos analizados confirman estos resultados. El imperativo más utilizado en los textos en inglés es «*see*» y en español su equivalente «*véase*». Estos usos permiten especificar con más detalle las funciones que el imperativo desempeña en la construcción del texto, ya que este imperativo sirve para presentar las referencias a lo que otros autores dicen:

(406) Empleo aquí las denominaciones de Halliday (1994).

(407) Efectivamente, el procedimiento tiene una importancia secundaria si comparamos su frecuencia de aparición con otros procedimientos. Sin embargo, en algunos casos, resulta un procedimiento esencial. Como comentaré es el único procedimiento que emplean *Scientific American* e *Investigación y Ciencia* para hacer referencia a otros trabajos.

Ejemplo 259 (anexo 2)

(113) The efficacy of A CATALYST depends on its ability to attract reactants strongly enough for adsorption yet hold their end products weakly enough for desorption. (114) [see «BIMETALLIC CATALYSTS», by John H. Sinfelt; SCIENTIFIC AMERICAN, September, 1985].

Se trata de una construcción característica de *Scientific American* y es responsable de la mayoría los casos de uso del imperativo en los textos ingleses. El imperativo «see» lo encontraremos en la oración 40 del texto 1, las oraciones 114 y 135 del texto 2, la oración 47 del texto 3 y las oraciones 22 y 108 del texto 5.

Este imperativo será también el más frecuente en los textos en español:

Ejemplo 260 (anexo 7)

(131) En un trabajo del autor en colaboración con el grupo de Gerhard Ertl, entonces en la Universidad de Munich se ha desarrollado un método para determinar la orientación de moléculas quimisorbidas sobre substratos metálicos. (132) Para ello es necesario emplear las propiedades únicas de la radiación de sincrotrón (133) [véase «la radiación de sincrotrón» por Herman Winick; INVESTIGACION Y CIENCIA, enero de 1988]

Ejemplo 261 (anexo 7)

(164) Para ello deberíamos disponer de nuevos materiales con alta anisotropía estructural y magnética (165) [véase «materiales electrónicos y magnéticos» por Prahaven Claudhari, INVESTIGACION Y CIENCIA, diciembre de 1986].

Estos ejemplos confirman que el imperativo desempeña una función importante en la señalización del valor de la información de la oración que encabeza. En este caso presenta una referencia a otros trabajos sobre el tema y esa referencia actúa en el texto como prueba de lo afirmado por el autor en la oración anterior.

El imperativo indica, pues, que el fragmento de texto que sigue

desempeña una función particular, distinta a la de la oración anterior. Puede emplearse también para dirigirse al lector e indicarle que la información que viene a continuación constituye un supuesto, es decir, el autor aclara que lo que ahora va a decir es una hipótesis o un caso imaginado. Este uso del imperativo podría asimilarse con el tipo de anuncio estudiado por Tadros (1994, 77) cuya finalidad es señalar la presencia de información hipotética. Son varios los casos encontrados en los textos españoles de imperativo⁽⁴⁰⁸⁾ empleado para señalar este tipo de información:

Ejemplo 262 (anexo 10)

(47) Imaginemos, por ejemplo, que el espacio es una sábana que tenemos extendida y estirada en el aire. (48) Si lanzamos una canica, ésta se moverá POR LA SÁBANA según una línea recta. (49) Pongamos ahora un cuerpo pesado en el centro de LA SÁBANA. (50) ESTA se curva -¡su geometría cambia! y la canica describirá ahora trayectorias curvas. (51) Podemos incluso imaginar un cuerpo tan pesado que rompe LA SÁBANA, un hecho ciertamente singular. (52) DE LA MISMA MANERA, la presencia de energía produce curvatura en el espacio-tiempo, y, por consiguiente, define la estructura geométrica de éste.

Este fragmento me permite mostrar una característica del uso del imperativo en los anuncios. El anuncio mediante imperativo permite el encapsulamiento de la información dada mediante un adverbio o un marcador. El marcador «por ejemplo» (O.47) señala el valor funcional que esa oración tiene en el texto, pero al mismo tiempo recupera la información dada anteriormente de la que esa oración 47 anuncia el ejemplo. Es frecuente pues que los anuncios mediante imperativo aparezcan acompañados de un adverbio encapsulador o de un conector o marcador que recupera la información dada. Se trata de oraciones que presentan doble señalización. Esta posibilidad la podemos comprobar en los ejemplos anteriormente citados del español, que podrían fácilmente ampliarse a «véase así», con encapsulamiento mediante adverbio.

(408) Se trata en este caso de la forma subjuntivo-imperativo (RAE, 1973, 460).

A pesar de su escasa frecuencia en comparación con otros procedimientos, la importancia del imperativo en la construcción del discurso es evidente. Así, en el ejemplo anterior, el caso imaginario presentado en la oración 47 conduce a la conclusión que se presenta en la oración 52 y lo mismo sucede con la oración 138 de este otro fragmento. En esta oración 138 el imperativo «supongamos» presenta un caso hipotético que conducirá a la conclusión de la oración 140 en la que encontramos las mismas entidades que se presentaban en la oración 138:

Ejemplo 263 (anexo 7)

(138) Supongamos una molécula con un eje de simetría (como el monóxido de carbono, CO), adsorbida perpendicularmente a la superficie. (139) EN ESE CASO, no se emitirían fotoelectrones, desde los orbitales moleculares, a lo largo de las direcciones espaciales correspondientes al plano perpendicular al vector campo eléctrico de la radiación incidente. (140) ASÍ se ha determinado que el monóxido de carbono se adsorbe con su eje C-O perpendicular a la superficie de un cristal de paladio limpio.

En ambos casos, esa conclusión se señala mediante encapsulamiento. En el ejemplo mediante nombre «de esta manera» (O.52) y en éste mediante el adverbio «así» (O.140).

Pero, ese caso que el autor presenta y señala mediante imperativo no siempre es un caso hipotético, en muchas ocasiones se trata de una posibilidad real que se presenta como ejemplo de una afirmación previa que se matiza:

Ejemplo 264 (anexo 6)

(72) For convenience, assume that the deposited charge rate is positive rather than negative.

En esta oración 72 el imperativo sirve para añadir un matiz a la información dada previamente. Este es también el uso que recibe «consider» (O.39) en el fragmento siguiente:

Ejemplo 265 (anexo 2)

(35) Subtle clues to cluster geometry can be gleaned from the distribution of cluster sizes. (36) The sizes that appear particularly often are thought to be associated with particularly stable configurations. (37) Such cluster species, which appear as spikes when the number of atoms is graphed, are called magic numbers (by analogy with the quantum model of atomic nuclei, in which certain combinations of protons and neutrons are allowed and others are not).

(38) MAGIC NUMBERS may sometimes be useful predictors of geometry. (39) Consider, for a moment, the mass spectrum of lead, in which SEVEN- AND 10-ATOM CLUSTERS are found at twice the frequency of neighboring species, or cluster sizes. (40) EACH OF THESE TWO FORMS is believed to have a structure that is a precursor to packing patterns seen in solid lead. (41) THE 10-ATOM FORMATION is a key element in the diamond lattice structure, in which chemical bonds act in fourfold symmetry to keep atoms fixed in relatively open networks.

(42) SEVEN-ATOM CLUSTERS may form pentagonal bipyramids, with five atoms in a plane and the sixth and seventh above and below it, respectively. (43) THESE CONFIGURATIONS are the first building blocks of cubic close-packing, a familiar pattern that is seen in solid lead. (44) PENTAGONAL BIPYRAMIDS can easily accept six more atoms to form icosahedrons - nearly spherical figures that are the most stable way to close-pack a cluster. (45) THEIR pattern differs only slightly from that found in a close-packed solid.

(46) ANOTHER EXAMPLE OF HOW STRUCTURES ARE INFERRED FROM MASS SPECTRAL DATA is seen in the case of 14-atom lead clusters, which occur at only one third the frequency of cluster sizes. (47) THAT PHENOMENON can be explained by the relative stability ascribed by theory to the 13-atom icosahedral cluster, a stability that makes it difficult for 14 atoms to cohere. (48) THEY tend, INSTEAD, to form a 13-atom cluster, leaving one atom free.

Para destacar la labor que el imperativo desempeña en la construcción del texto y en la interpretación de su coherencia, creo necesario presentar cuatro párrafos del texto, el párrafo del imperativo, el anterior y los dos siguientes. En la oración 38, que inicia el segundo párrafo, el autor hace una afirmación sobre la utilidad de los números mágicos. Estos números mágicos se han presentado como

información nueva al final del párrafo anterior, en la oración 37. Después de esa afirmación sobre los números mágicos de la oración 38, el autor pretende convencer al lector de lo afirmado. Presenta para ello una serie de ejemplos que avalan su idea y lo indica con ese imperativo, «*consider*» (O. 39). Esa presentación del ejemplo que demuestra lo afirmado continúa hasta la oración 46 que inicia el nuevo párrafo. Comienza este párrafo con un anuncio mediante nombre, «*another example*» (O. 46). Este anuncio conlleva también un encapsulamiento. Por un lado, el determinante, «*another*» hace referencia a un ejemplo previo. Por otro lado, el complemento del nombre, «*of how structures are inferred from mass spectral data*» (O. 46) recoge información dada previamente. En concreto, este complemento del nombre retrocede a la frase inicial del párrafo, previa a la presencia de la señalización mediante imperativo, a la oración 38, oración que afirmaba «*Magic numbers may sometimes be useful predictors of geometry*». Esta es la información que recoge la expresión de la oración 46, «*how structures are inferred from mass spectral data*», mediante un procedimiento que podríamos considerar inverso al de la nominalización combinado con varios casos de sinonimia. Así, «*predictor*» recupera el proceso «*are inferred*»; «*geometry*» recupera «*structures*»; y «*magic numbers*» se refiere a «*mass spectral data*».

El mantenimiento del mismo valor funcional de las oraciones 39 a la 45 se manifiesta en la cohesión. Estas oraciones están conectadas en el plano del contenido por la presencia de entidades coincidentes. Las expresiones que consiguen la cohesión en el plano del contenido son las señaladas en mayúsculas. Así, la oración 40 recupera las entidades de la 39 mediante pronombre, «*each*» y el hiperónimo, «*forms*», en el complemento del nombre, «*each of these two forms*». La oración 41 recupera una de esas entidades, «*the 10-atom formation*», y la 42 la otra, «*seven-atom clusters*». La oración 43 recupera mediante hiperónimo, «*these configurations*» (O. 43) la entidad presentada en la oración 42, «*pentagonal bipyramids*». Esta entidad se recupera de nuevo en la oración 44 mediante la expresión «*pentagonal bipyramids*» (O. 44) y mediante el posesivo, «*their*» en la 45. Para concluir la explicación de este ejemplo, quiero volver a mencionar la capacidad anuladora de la información intermedia que ejercen el anuncio y el encapsulamiento

como muestra la oración 46 que anula todas las oraciones intermedias para retroceder a la 38.

El anuncio mediante imperativo tiene diversas funciones. Además de presentar casos hipotéticos, sirve también para recuperar un tópico del que ahora se va a añadir más información o matizar de algún modo. En los textos españoles es frecuente el uso del subjuntivo-imperativo para organizar la información y atraer la atención sobre el tema (tópico) del que se va a hablar ahora o del que se va a dar más información, como se puede ver en los siguientes ejemplos:

Ejemplo 266 (anexo 11)

*(65) Pero veamos con más detalle **el interés y el fundamento de este tipo de espectroscopía, llamada multiobjeto.***

En este primer ejemplo la oración 65 finaliza párrafo y la información aquí anunciada será el tema (tópico) de los párrafos siguientes.

Ejemplo 267 (anexo 8)

(25) Empecemos por las perovskitas en cuanto aislantes eléctricos.

(26) EN CUALQUIER MATERIAL, uno de los mecanismos fundamentales de absorción de energía es la variación del estado de movimiento de los átomos que lo constituyen.

Ejemplo 268 (anexo 7)

(65) Detengámonos en las reconstrucciones superficiales.

(66) Lo mismo la posición geométrica de los átomos, que la distribución energética de los estados electrónicos en las proximidades de LA SUPERFICIE de un cristal, difieren en general, de su posición y distribución en el interior del volumen. (67) Débese ELLO a la rotura de la simetría y a la distinta coordinación de los átomos de la superficie con respecto a los del volumen.

Ejemplo 269 (anexo 10)

(24) Aun cuando nuestra noción intuitiva es muy clara, plasmar dicha noción en un enunciado riguroso en RG no resulta fácil. (25) Baste por el momento con tales aproximaciones intuitivas. Para ello, nada mejor que recordar que el campo eléctrico creado por una carga aislada es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la carga.

Ejemplo 270 (anexo 9)

(82) Consideremos ahora la estructura electrónica de los microagregados. (83) Del familiar modelo de ELECTRONES LIBRES resulta que, en un metal, a tenor de las reglas de la mecánica cuántica, los niveles de energía de los electrones están tan juntos que se puede hablar de una función continua que representa la distribución de los electrones en sus diferentes estados de energía, prácticamente insensible a la presencia de la superficie del metal.

Ejemplo 271 (anexo 11)

(86) No olvidemos que las observaciones realizadas desde la tierra se hacen a través de un medio, la atmósfera, el cual está sujeto a variaciones temporales. (87) ADEMÁS, a lo largo de una exposición el telescopio debe seguir apuntando en la misma dirección, por lo que va alterando su orientación para corregir el efecto de rotación terrestre y, así, LA OBSERVACIÓN transcurre a través de una zona de atmósfera cambiante. (88) PUES BIEN, cuando utilizamos una configuración con fibras ópticas como las comentadas arriba, todos los objetos o zonas de un objeto extenso SE OBSERVAN BAJO LAS MISMAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS, lo cual facilita el análisis posterior de los resultados.

Ejemplo 272 (anexo 12)

(239) Según mis cálculos, fuera de cavidad EL SILICIO alcanza, con las técnicas de confinamiento antes mencionadas, corrientes de 42 miliampères a potencias luminosas de 0,1 watts; (240) EN EL INTERIOR DE UNA CAVIDAD IDEAL, llega a los 45 miliampères. (241) Significa TODO ESTO que, usando ESTAS CAVIDADES, se lograrían rendimientos parecidos a los de la célula PC; (242) Y ello, con células más sencillas y baratas. (243) No se olvide. ADEMÁS, que una misma cavidad admite células de varios materiales que potencien el rendimiento.

Los textos españoles utilizan con más frecuencia la señalización mediante anuncio con forma verbal que los textos ingleses y además del imperativo propio y del subjuntivo-imperativo, se encuentran también casos de futuro:

Ejemplo 273 (anexo 10)

(73) En otras palabras, si toda la tierra estuviera concentrada en una esfera de menos de un centímetro de radio, quedaríamos atrapados irreversiblemente en su campo de gravitación y, además, seríamos invisibles desde fuera. (74) Las cosas son más complejas que como se representan en el diagrama de la figura 4; (75) la propia materia del cuerpo siente la irresistible atracción que ejerce sobre sí misma y tiende a caer hacia el centro. (76) Más adelante veremos un diagrama espacio-temporal de la situación real, pero antes debemos adentrarnos en la historia de la RG.

En este caso, se trata de una anuncio aplazado, lo que justifica este uso del futuro. Pero se encuentran también expresiones verbales con tiempos compuestos: «como hemos mencionado antes», «aún no hemos hablado de» , «según hemos visto» y también presente, en este caso, acompañado de gerundio: «resumiendo, podemos decir que...».

Una de las razones que demuestran el valor de mecanismo de inserción de información nueva en el texto de estas expresiones con verbo es su posibilidad de lexicalizarse o convertirse en muletillas. Las expresiones verbales de los textos españoles tienen cierto sabor a «muletilla». El mismo «más adelante veremos» y los usos de tiempo compuesto y de gerundio indicados u otras expresiones como «como veremos», «sabido es que» o «ha llegado el momento de explicar...» parecen frases hechas. Esta preferencia de los textos españoles por el uso de esta llamada de atención al lector mediante verbo se enmarca dentro de la tendencia general que se observa en los textos españoles por la señalización en el plano de la intención.

El anuncio mediante una forma verbal presenta también otra variante.

Podríamos decir que se trata del caso contrario a la llamada directa al lector. Se trata ahora de un comentario de carácter impersonal sobre el contenido de la información. En concreto, estoy hablando del tipo de construcción denominado «extraposición», *extraposition* (Downing y Locke, 1992, 261), que se caracteriza en inglés por la presencia de un pronombre «*it*» anticipatorio. En español, en cambio, no es necesaria la presencia de esa forma pronominal. Como anuncio de información nueva, esta construcción presenta dos modalidades. En unos casos es simplemente una llamada de atención al lector para que tenga en cuenta la nueva información y en otros resulta ser también una valoración de esa información que se va a dar.

Como mecanismo de señalización que indica un cambio con respecto a lo anterior y la introducción de información nueva podemos presentar varios ejemplos. «*It may seem that*» (O. 119) se emplea para introducir la respuesta de la pregunta de la oración anterior (O. 118):

Ejemplo 274 (anexo 4)

(117) *We have taken the first step in simulating the computations done by the brain to process a visual image.* (118) *How readily can this strategy be extended to other types of brain computations?* (119) *It may seem that the essentially two-dimensional nature of today's integrated circuits would severely limit efforts to model neural tissue.* (120) *But many parts of the central nervous system are in fact thin sheets that carry two-dimensional representations of computationally relevant information.*

En este otro fragmento, «*It turns out that*» (O. 131) y «*It would appear that*» (O. 134) señalan el inicio del párrafo:

Ejemplo 275 (anexo 5)

(131) *It turns out, HOWEVER, that when the cavity containing the amplifying medium is short and has a small diameter, the walls of the cavity itself, through reflections, can modify the direction in which the light is initially emitted.* (132) *In a small cavity the light can be emitted only in certain allowed directions and at certain wavelengths.* (133) *In*

an extremely small cavity the light is emitted only along the direction of the desired laser beam.

(134) It would therefore appear that microlasers having a diameter of approximately one third of a micron may form the ultimate optoelectronic information-processing device: a small, fast and highly efficient laser requiring low power.

En estos casos, el escritor presenta la información nueva como posible. Se trata de un valor próximo al del imperativo en la presentación de casos hipotéticos o supuestos, pero ahora estaríamos al final de la argumentación y el escritor nos presenta sus resultados como probables.

El valor próximo al imperativo de estas construcciones se observa en el ejemplo siguiente en el que la oración 67 recupera para este párrafo una entidad ya mencionada, «*the concept of continuous charge transfer in metals*», que resulta ser una condición esencial para el fenómeno del que aquí nos hablan, «*the coulomb blockade*» (O. 64).

Ejemplo 276 (anexo 6)

*(64) Curiously, physicists first noticed and studied COULOMB BLOCKADE more than 40 years ago. (65) In the 1959s and 1960s Cornellis Gorter of the Kammerling Onnes laboratory, Habs-Rudi Zeller and Ivar Giaver of the General Electric Research Center and John Lambe and Robert Jaklevich of the Ford Motor company observed THIS EFFECT in thin metallic films and explained it. (66) MEANWHILE Igor Kulik and Robert Shekhter of the Kharkow Institute of low temperature Physics devised ITS comprehensive theory for one particular system. (67) It seems, HOWEVER, that until the mid-1980s no one appreciated **the concept of continuous charge transfer in metals**, and no one was aware of the simple condition for THE COULOMB BLOCKADE. (68) Once THESE IDEAS were understood, it was straightforward to discover new phenomena in small tunnel junctions.*

Al igual que hemos visto en otro tipo de anuncios, es posible la presencia simultánea de encapsulamiento. En este fragmento, esta función de encapsulamiento la realiza «*however*» (O. 67) que anula el valor de las oraciones

intermedias y retrocede a la oración 64, oración con la que se señala el contraste. Esta recuperación de información anterior y la anulación de la información de las oraciones intermedias se manifiesta en la cohesión del contenido. «*The coulomb blockade*» es la entidad común a todas las oraciones, pero sólo se recupera con dicha expresión en la oración 64 y en la 67. En la 65 encontramos un hiperónimo «*this effect*» y en la 66 un posesivo «*its*».

En español, el anuncio mediante esta construcción impersonal es menos frecuente que el anuncio mediante imperativo, aunque se encuentran algunos ejemplos como los siguientes:

Ejemplo 277 (anexo 9)

(109) *En 1956, Erwin Becker y Wolfgang Henkes, de la Universidad de Marburg, se dieron cuenta de que la condensación era un fenómeno con el que había que contar en haces supersónicos que se expandieran al vacío a través de pequeñísimos orificios.* (110) *Se puede decir que ESTOS INVESTIGADORES realizaron el primer experimento sobre formación de microagregados.*

Ejemplo 278 (anexo 10)

(204) *Pudiera creerse que las condiciones de energía - o sea, que la energía sea siempre positiva y, por tanto, la gravedad siempre atractiva - implican necesariamente LAS SINGULARIDADES por medio de la RG.*
(205) *ESA IDEA, bastante extendida, es falsa.*

8.4. EL ANUNCIO MEDIANTE ADVERBIO

La inclusión como mecanismo de anuncio de los «adverbios oracionales» responde a varias razones. En primer lugar, si muchos adverbios han llegado a incorporarse definitivamente al conjunto de conectores y marcadores, el resto de los adverbios que suele aparecer en posición inicial y cuyo significado modifica toda la

oración deben estar en cierta medida relacionados. En segundo lugar, estos adverbios son la manifestación del plano del decir en el que toda oración se inserta. Así lo reconocen, por ejemplo, Quirk et al. (1985, 615) al afirmar que estos adverbios son equivalentes a una cláusula con un verbo de decir o a una extraposición mediante cláusula atributiva. Además, las funciones que estos autores señalan para este tipo de adverbios: atraer la atención sobre lo que se dice y cómo se dice son también las funciones esenciales del anuncio. En tercer lugar, los estudiosos del tema contemplan estos adverbios como uno de los posibles temas interpersonales (Whittaker, 1995, 109). Por último, algunos de estos adverbios admiten la posibilidad de actuar como respuestas de preguntas. Se interpretan entonces como una manifestación equivalente a «la respuesta es...» (González García, 1997, 216). En el texto, podrían entonces interpretarse como introductores de una oración que es la respuesta a una pregunta que el autor del texto piensa que el lector le hace.

Los adverbios que funcionan como anuncio en los textos analizados modifican globalmente el valor de la oración que se presenta a continuación y son equivalentes a una construcción con verbo de decir o a una construcción atributiva.

Entre los equivalentes a un verbo de decir podemos presentar en el fragmento siguiente el adverbio «*remarkably*» (O. 34) que señala la importancia del contenido informativo de la oración que encabeza.

Ejemplo 279 (anexo 6)

(31) It was decided, therefore, to examine the easier case of a small tunnel junction with electrodes made from ordinary conductors. (32) For this problem, the equations could be readily solved and gave a completely unexpected result. (33) They showed that if a constant electric current is passed through a junction, it will induce a voltage that oscillates periodically in time. (34) Most remarkably, these periodic oscillations would have a frequency simply equal to the current divided by the charge of an electron.

Son varios los casos de adverbios equivalentes a una construcción

atributiva. Aparentemente estos adverbios actúan de forma similar a un marcador o conector, pero no es así. Incorporan una dimensión valorativa. Como puede verse en el ejemplo siguiente, si «*unfortunately*» (O. 95) se sustituye por «*but*», la frase queda incompleta.

Ejemplo 280 (anexo 6)

(94) To apply current and voltage to a tunnel junction, one must attach metallic wires to it. (95) Unfortunately, the wires pick up quantum fluctuations of the electromagnetic fields that exist everywhere.

El elemento que falta es el contenido evaluativo que el adverbio proporciona. Este adverbio puede interpretarse como la «fusión» de una construcción atributiva «Es desafortunado que...». Muchos de estos adverbios iniciales se pueden explicar, por tanto, como un sincretismo de construcción atributiva catafórica y estas construcciones tienen una dimensión textual indudable.

Esta dimensión textual es también evidente en otro tipo de adverbios. Se trata de adverbios de frecuencia que el autor emplea para convencernos de lo afirmado acudiendo al carácter genérico o habitual de ese fenómeno o condición de la que se habla. En el siguiente fragmento, el adverbio «normalmente» (O. 41) puede interpretarse como «es normal que»:

Ejemplo 281 (anexo 7)

(40) La superficie expuesta a la atmósfera, por ejemplo, está cubierta por capas de contaminación debido a las reacciones con los gases y vapores de ésta. (41) Normalmente se forman óxidos y a menudo sulfuros, carbonatos u otros compuestos, según sean el sustrato y el ambiente.

Esta construcción podría además llevar implícito un circunstancial «en estos casos» que encapsularía la oración anterior como en este ejemplo en el que la oración 41, con todos los elementos implícitos expresados, se leería como «En estos

casos es normal que se formen en la superficie...». Esta posibilidad de encapsulamiento se confirma por su presencia en otros casos como sucede en el ejemplo siguiente con la expresión «en estos casos» (O. 151):

Ejemplo 282 (anexo 9)

(150) IDEAS SIMILARES, basadas en un modelo de capas, se han usado para explicar los números mágicos observados en aluminio y cinc y cadmio. (151) Evidentemente, EN ESTOS CASOS el número de electrones de valencia con que cada átomo contribuye es más de uno; (152) CON ELLO, para obtener LOS NÚMERO MÁGICOS DE ELECTRONES 8, 20, 34, 40, 58 Y 92 CITADOS ANTERIORMENTE, basta, en el caso de átomos divalentes, con la mitad de átomos: 4, 10, 17, 20, 29 y 46.

8.5. EL ANUNCIO MEDIANTE PREGUNTA

Otro de los procedimientos empleados para indicar la presencia de información nueva es la pregunta. El valor como anuncio de las preguntas había sido señalado ya por varios autores. Hoey (1983) al estudiar la señalización del discurso comentaba el carácter organizador de las preguntas. Más tarde, Tadros (1994) las incluirá dentro de los tipos de anuncios textuales y dirá que en las preguntas el autor del texto se distancia para más tarde aportar su opinión en cuanto al tema del que habla. También Goutsos (1996, 511) incluye las preguntas como uno de los mecanismos de anuncio que colaboran a la creación de la secuencia textual.

En los textos analizados las preguntas son frecuentes en algunos de los textos tanto en inglés como en español y los casos encontrados hacen evidente el importante papel que desempeñan en la organización del texto. Las preguntas funcionan como medio de señalar un cambio de tópico y por ello se encuentran en la primera oración de un párrafo o a veces en la última, anunciando el tópico del párrafo siguiente. En el ejemplo siguiente, el párrafo se inicia con una pregunta que

presenta el tema que se va a tratar. Todo el párrafo es un intento de dar respuesta a esta pregunta y así termina con la conclusión a la que llega el autor que indica con el encapsulamiento «por ello» (O. 44):

Ejemplo 283 (anexo 7)

(33) PERO. ¿qué es UNA SUPERFICIE? (34) Entre dos medios, cualesquiera (sólidos-gas, sólido-líquido, sólido-sólido, etc) siempre existe UNA ZONA SUPERFICIAL O INTERFACIAL que los separa. (35) ESTA REGIÓN tiene propiedades mecánicas, de composición o electrónicas distinguibles de los medios que la flanquean. (36) El espesor de LA ZONA que debemos considerar superficie o interfase depende del tipo de propiedades a que nos estemos refiriendo. (37) A veces PUEDE SER estrictamente una sola capa atómica, mientras que en otras ocasiones puede extenderse decenas o incluso cientos de capas. (38) Si nos ceñimos A LA INTERFASE SÓLIDO-VACÍO, de la que poseemos mayor información en la actualidad, es sabido que tanto la disposición geométrica de los átomos de la superficie del sólido como los estados electrónicos pueden diferir notablemente de los del volumen. (39) LA REGIÓN DE LA SUPERFICIE puede tener una composición química distinta de la del interior del sólido. (40) LA SUPERFICIE EXPUESTA A LA ATMÓSFERA, POR EJEMPLO, está cubierta por capas de contaminación debido a las reacciones con los gases y vapores de ésta. (41) Normalmente SE FORMAN óxidos y a menudo sulfuros, carbonatos u otros compuestos, según sean EL SUBSTRATO Y EL AMBIENTE. (42) ADEMÁS, LA SUPERFICIE puede presentar trazas de materiales que han estado en contacto previo con ella. (43) ASÍ, UNA SUPERFICIE ORDINARIA, aunque esté limpia a simple vista, es, en realidad, un complejo sistema de componentes químicos y restos de impurezas. (44) POR ELLO, se acostumbra a distinguir LAS SUPERFICIES «REALES» DE LAS «IDEALES», atómicamente limpias, en el sentido de no tener material extraño adherido a ellas.

Pero además de señalar un cambio de tópico, las preguntas permiten la organización de la argumentación del autor como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 284 (anexo 10)

(148) ¿Cuáles son ESTAS SUPOSICIONES? (149) Esencialmente TRES. (150) PRIMERO impuso UNA CONDICIÓN DE ENERGÍA, esto es, una condición según la cual la energía es siempre no negativa, lo

que implica que la interacción gravitatoria sea siempre atractiva; suposición que está avalada por una firme base experimental. (151) **SEGUNDO**, adoptó UNA FORMA PARTICULAR DE CONDICIÓN DE CAUSALIDAD; (152) EN ESTE CASO CONCRETO fue LA CONDICIÓN según la cual todos los observadores deberían pasar, una y una sola vez, por el espacio definido en un instante de tiempo dado. (153) Se puede obtener una idea intuitiva de ESTA CONDICIÓN observando que, en los diagramas de las figuras 2-5, cualquier línea de universo corta los planos $t = \text{constante}$ una y una sola vez. (154) Penrose impuso por último, UNA CONDICIÓN INICIAL, a saber la existencia de una superficie cerrada atrapada.

Es por tanto evidente el funcionamiento de los anuncios mediante pregunta en el plano interactivo y su función como mecanismo de integración del contenido informativo en la intención. Los fragmentos siguientes, párrafos 10 y 11 del mismo texto, resultan muy ilustrativos de este fenómeno y por ello los incluyo a pesar de su longitud:

Ejemplo 285 (anexo 7)

(48) SIN EMBARGO, la explosión de actividad en la física de superficies registrada desde los años setenta ha tenido como objetivo fundamental el estudio de SUPERFICIES MONOCRISTALINAS Y ATÓMICAMENTE LÍMPIAS. (49) **¿Por qué se estudian ESTAS SUPERFICIES CASI IDEALES?** (50) **¿Por qué se ha desarrollado PARA ELLO un amplio abanico de técnicas experimentales de refinada complejidad?** (51) EN PRIMER LUGAR, porque nuestra capacidad para preparar SUPERFICIES ALTAMENTE PERFECTAS ha abierto la posibilidad de explorar un universo en dos dimensiones. (52) ESTO es algo fascinante. (53) Según se cree hoy, LA DIMENSIONALIDAD desempeña un papel clave en la teoría moderna de muchos fenómenos colectivos. (54) POR EJEMPLO, en una transición de fase continua el comportamiento crítico depende sólo de la simetría del sistema, LA DIMENSIONALIDAD del parámetro de orden y LA DIMENSIONALIDAD del espacio. (55) ESTA PROPIEDAD se llama universalidad y sugiere que pueden suceder cosas interesantes en la superficie donde la dimensionalidad efectiva es dos, no tres. (56) DE HECHO, gracias al método del grupo de renormalización [véase «Problemas físicos con muchas escalas de longitud», por Kenneth Wilson; INVESTIGACION Y CIENCIA, octubre de 1979], es posible calcular con exactitud los exponentes críticos en TRANSICIONES DE FASE DIMENSIONALES y comparar nuestros modelos teóricos con la

realidad exterior. (57) En los últimos años, LA FÍSICA EN DOS DIMENSIONES nos ha deparado ya algunos descubrimientos inesperados; (58) ENTRE OTROS, la naturaleza especial de la fusión superficial o efecto Hall cuántico, por el cual Klaus von Klitzing recibió el premio Nobel en 1985.

(59) Si sólo fuera ÉSA la razón para estudiar superficies de sólidos, nuestra especialidad no habría pasado de ser una curiosidad académica. (60) LA RAZÓN FUNDAMENTAL DEL FLORECIMIENTO DE LA FÍSICA DE SUPERFICIES reside en su utilidad práctica en algunos campos tecnológicos de primerísima importancia económica como la microelectrónica, la catálisis, los tratamientos superficiales por implantación iónica o láser y la ingeniería atómica de materiales que permite la fabricación de materiales artificiales con propiedades ajustadas a nuestros deseos.

En este caso las preguntas señaladas en negrita, las oraciones 49 y 50, anuncian la información que sigue. Y así la oración 51 señala la primera explicación mediante el conector «*porque*», mientras que la segunda explicación no llegará hasta la oración 60 en la que se presenta mediante el nombre «razón» después de haberse anunciado en la oración 59, oración que a su vez es un ejemplo de encapsulamiento. Desde la oración 51, este párrafo constituye la explicación de esa primera razón. La evalúa en la oración 52, en la que lo dicho ya se encapsula mediante el pronombre «esto» y esa evaluación se justifica en la oración 53. En esta oración la cohesión se consigue mediante una nominalización «la dimensionalidad» que recupera la información que la oración 52 encapsulaba mediante el pronombre «esto»; información que se encuentra en la oración 51, «la posibilidad de explorar un universo en dos dimensiones». La oración 54 demuestra lo dicho en la oración 53 mediante un ejemplo; la 55 sigue hablando de la dimensionalidad a la que ahora se refiere mediante hiperónimo «esta propiedad» y lo afirmado se ratifica en la oración 56 como señala la expresión «de hecho». La oración 57 funciona como anuncio y evaluación, ya que la expresión valorativa «algunos descubrimientos inesperados» anuncia la información que va a seguir y que se recuperará en la oración 58 mediante la expresión «entre otros». El párrafo siguiente comienza con un encapsulamiento mediante pronombre que recupera todo lo dicho antes «ésta es la razón» y lo califica

como acto discursivo «la razón», que se convierte en anuncio de la oración siguiente y esta oración 60 que por fin nos presenta esa segunda razón.

En los textos analizados es frecuente encontrar el anuncio realizado mediante pregunta seguido de la respuesta señalada mediante enumeración:

Ejemplo 286 (anexo 12)

(98) ¿Cuáles son las limitaciones fundamentales de rendimiento de una célula solar? (99) En primer lugar el propio diagrama de bandas.

También es posible encontrar toda una serie de preguntas que anticipan la información que el texto presentará y que han sido anunciadas previamente mediante un nombre como sucede en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 287 (anexo 2)

*(3) MICROCLUSTERS consist of tiny aggregates comprising from two to several hundred atoms. (4) THEY pose questions that lie at the heart of solid-state physics and chemistry and the related field of materials science: (5) **How small must AN AGGREGATE OF PARTICLES become before the character of the substance they once formed is lost?** (6) **How might THE ATOMS reconfigure themselves if freed from the influence of the matter that surrounds them?** (7) **If the substance is a metal, how small must ITS CLUSTER OF ATOMS be to avoid that characteristic sharing of free electrons that underlies conductivity?** (8) Do GROWING CLUSTERS proceed gradually from one stable structure to another, largely through the simple addition of atoms, or do they undergo radical transformations as they grow?*

8.6. EL CONECTOR O MARCADOR DISCURSIVO: ANUNCIO Y ENCAPSULAMIENTO

Antes de exponer la función de los conectores o marcadores en la cohesión textual, quiero hacer algunas aclaraciones.

El estudio de estos elementos, considerados un mecanismo fundamental para enlazar las oraciones y las cláusulas del texto, se ha complicado mucho por las múltiples denominaciones empleadas como conectores, conectivos, adverbios conjuntivos, enlaces extraoracionales o marcadores del discurso entre otras⁽⁴⁰⁹⁾. No hay otro mecanismo de cohesión de los aquí señalados que haya recibido un tratamiento igual de exhaustivo. Resumir en una sección todo lo que se ha dicho sobre estos elementos y que es de interés resulta una tarea casi imposible. Es ingente la cantidad de bibliografía publicada tanto en inglés como en español. Tan sólo en 1998 salieron a la luz, en inglés, la obra de Mosegaard Hansen (1998), *The function of discourse particles*, y la recopilación de Jucker y Ziv (1998), *Discourse markers. Description and Theory*, y en español, la recopilación de artículos coordinada por Martín Zorraquino y Montolío Durán, «Los marcadores del discurso». Un año antes, en el 97, la revista *Discourse Processes* dedicó un volumen a estos marcadores estudiados desde la perspectiva de la coherencia. Algunos de los artículos aquí publicados⁽⁴¹⁰⁾ son consecuencia del trabajo sobre la coherencia llevado a cabo por varias universidades europeas dentro del proyecto de investigación ESPRIT 6665 conocido como DANDELION.

Además, los estudios realizados han abordado estas palabras desde múltiples perspectivas. Se han interesado por estos elementos del texto corrientes lingüísticas muy distintas. Han sido objeto de estudio de la lingüística del texto⁽⁴¹¹⁾, la teoría de la argumentación de Anscombe y Ducrot (1994)⁽⁴¹²⁾, la teoría de la pertinencia⁽⁴¹³⁾, diversos enfoques didácticos⁽⁴¹⁴⁾ y estudios del lenguaje

(409) Un estudio detallado de las diferentes denominaciones empleadas en español para referirse a estos elementos puede encontrarse en Portolés (1993, 141).

(410) Así Bateman y Rondhius (1997) y Oversteegen (1997) fueron los responsables de algunos de los documentos del proyecto DANDELION, documentos que salieron a la luz en 1994 y 1995.

(411) Véase Casado Velarde (1998).

(412) Portolés (1998) revisa la aportación de esta teoría al estudio de los marcadores.

(413) Desde esta perspectiva se abordan en Rouchota (1998a). En español, encontramos el trabajo de Montolío (1998).

oral⁽⁴¹⁵⁾. Con anterioridad se había ocupado de estos marcadores o conectores la sintaxis, pero ésta sólo lo hizo cuando se trataba de «conjunciones» y establecían una relación de dependencia entre las oraciones. En la tradición española, el primer autor moderno⁽⁴¹⁶⁾ que llama la atención sobre estos conectores es Gili Gaya (1961) en su *Sintaxis* en donde les dedica un capítulo y los denomina «Enlaces Extraoracionales». Posteriormente Catalina Fuentes (1987) les dedicará toda una obra con ese mismo título «Enlaces Extraoracionales», pero la importante contribución de su trabajo se verá limitada en cierta medida por su preocupación por identificar forma y función y considerarlos como una clase de palabras determinada, diferente de las conjunciones.

Este aluvión informativo en torno a los conectores o marcadores imposibilita realizar un estudio general, ya que podría tener la misma extensión de esta tesis que ahora llega a su final. Me limitaré entonces a aclarar algunas de las condiciones de su funcionamiento en el texto escrito y simplemente presentaré las conclusiones a las que he llegado sobre su uso en la muestra de textos analizada, con algunos ejemplos que confirman la importante función que desempeñan en la creación textual y en la construcción del razonamiento del autor.

A la hora de abordar el estudio de los marcadores en los textos conviene realizar una serie de puntualizaciones. Se trata de expresiones que pertenecen a varias de las clases de palabras reconocidas tradicionalmente, adverbio, conjunción, grupo preposicional, etc. Mi interés es ocuparme de las expresiones empleadas en los textos analizados para señalar relaciones entre oraciones, con

(414) Así, podemos mencionar por su interés la obra de Ball (1986), *Dictionary of link words in English Discourse* que proporciona al hablante una información esencial sobre el uso de estos términos. En español puede citarse la reciente publicación de Martínez (1997), «Conectando texto. Guía para el uso efectivo de elementos conectores en castellano».

(415) Entre los estudios del lenguaje oral destaca el interesante trabajo lingüístico de Schiffrin (1987), *Discourse Markers*.

(416) Sin embargo existen referencias anteriores a estos elementos. Manuel Casado Velarde (1991, 87-88) cita estudios del año 1791. Pons Bordería (1994, 331-322) se queja del olvido del pasado en los estudios que suelen mencionar a Gili Gaya como el primer antecedente.

independencia de su clasificación gramatical. Me referiré a estas expresiones indistintamente con la denominación de «conectores» o «marcadores», pero no emplearé la de conectivos o enlaces⁽⁴¹⁷⁾. La denominación de «conector» resulta adecuada porque la función de estos elementos es conectar la información presentada en el texto, lo dicho ahora, con lo dicho antes. La denominación de «marcador» también es apropiada porque su función primordial en el texto es la de señalar, «marcar» el valor de esa oración con respecto a lo dicho hasta entonces. Estos elementos guían al lector por el texto y le indican cómo debe interpretar la información que el autor proporciona. Su funcionamiento en la creación del texto y en su interpretación es común a los textos analizados tanto en inglés como en español.

Me ocuparé exclusivamente de aquellos elementos que manifiestan la relación existente entre oraciones independientes. Como unidad del texto consideraré la oración y no hablaré, como algunos autores, de enunciados o de proposiciones. Las relaciones que establecen estos conectores son entre fragmentos de texto. No me interesa distinguir entre los procesos que tienen lugar en la realidad «real» de los procesos que suceden en la realidad de la que el texto habla, porque cuando se habla de esa realidad «real», ésta se convierte en texto. No me interesa, por ello, distinguir entre relaciones externas e internas, aunque sea una distinción que goce de tradición. Se encontraba ya en Halliday y Hasan (1976, 241) y también en Fuentes (1987, 75), quien distinguía por un lado, las relaciones lógicas entre los hechos enunciados y por otro, las relaciones intradiscursivas. Y sigue manteniéndose en la actualidad. Así, lo comentan Martin (1992, 180) y Eggins (1993, 107-108) quien contrapone las relaciones del mundo real a las relaciones retóricas que hacen referencia a la organización de los hechos en el texto y más recientemente Rouchota (1998a, 13):

«As a result of the type of meaning they encode, some connectives may be seen as devices linking conceptual representations, whereas

(417) En primer lugar, no creo necesario introducir el término «conectivo». En segundo lugar, prefiero reservar el término «enlace» para los casos en los que se trata de una conjunción que una físicamente cláusulas.

others constrain the inferential processes these representations are expected to undergo».

En este estudio lo importante es la función de enlace de fragmentos de texto. Me interesan estos términos porque permiten al lector conocer el valor comunicativo de la oración que inician. Se trata de las expresiones que contribuyen a la cohesión del texto en el plano interactivo.

Es necesario observar que la presencia de estos marcadores no es responsable de la conexión oracional. La relación entre las unidades que ellos parecen enlazar existe de antemano. Su función es únicamente la de hacer explícita o la de especificar el tipo de relación que el escritor percibe entre las oraciones. Son, en este sentido, elementos «metadiscursivos», señales que el escritor presenta en el texto para conducir la argumentación y mostrar al lector su intención⁽⁴¹⁸⁾. La función de estos elementos determina pues lo que C. Fuentes (1987, 30) denomina su «rendimiento comunicativo»:

«El conjunto de expresiones por las que aquí me intereso pretenden «el buen entendimiento de la comunicación, el que tenga unidad interna y que cumpla con la intención que tenía el hablante al emitirla: que llegue como un todo intencional al oyente. Así podría decirse que es una relación fórica, entendiendo este término en el sentido más amplio que tiene: es decir, la conexión con lo anterior y lo posterior, el señalamiento hacia lo que precede o continúa en el discurso».

Los marcadores actúan como integradores del contenido en la intención, ya que toman la información dada y la valoran con respecto al valor de la información nueva. Pero además de su funcionamiento como marcadores de la información que viene a continuación en el texto, estos elementos desempeñan una función esencial en el proceso de creación textual que resulta clave para la interpretación de éste. Actúan como mecanismo de encapsulación. Los conectores

(418) Los últimos estudios sobre la cuestión coinciden en esta idea (Mosegaard Hansen, 1998, 170; Rouchota, 1998a, 13)

se encargan de comunicar expresamente al lector el valor intencional de la oración que encabezan, pero al mismo tiempo recuperan lo dicho antes, el plano del contenido, para relacionarlo con lo que se va a decir ahora. Este valor «encapsulador» de los conectores al que ya aludían los autores cuando hablaban de su función como mecanismos de cohesión globales, es más evidente en el trabajo de Sinclair (1993, 9) en el que los incorpora como uno de los dos tipos de encapsulamiento, los actos lógicos.

La función de señalización en el nivel de la intención que llevan a cabo los conectores o marcadores viene avalada por su origen. Esto es evidente especialmente en los marcadores del español, ya que muchos son lexicalizaciones⁽⁴¹⁹⁾ de los procedimientos de anuncio previamente mencionados. Encontramos así combinaciones con los nombres de referencia textual que constituyen encapsulamiento y anuncio, «de este modo», «de esta manera», «en consecuencia»; adjetivos sustantivados, «por el contrario» o adverbios que han perdido su función de circunstancia de modo y se han desplazado fuera del proceso clausal como he mencionado en el capítulo del encapsulamiento.

Al limitar mi estudio a los conectores hallados en la muestra y a su función en la cohesión del texto escrito pretendo evitar otro de los problemas que su estudio plantea y que es evidente en algunos de los intentos de clasificación existentes. Los estudios no siempre han abordado variedades de uso específicas⁽⁴²⁰⁾ y los ejemplos presentados abarcan lengua escrita y hablada de forma

(419) Esta condición la había percibido ya Catalina Fuentes (1987, 70): «*Estos elementos sufren un proceso de pérdida de su contenido, de empobrecimiento del mismo, hasta quedarse en el señalamiento de la relación. Adoptan contextos específicos (margén oracional, con movilidad) y pasan normalmente, en su mayoría, de la deixis a la unión por conectores*».

(420) El estudio de Fuentes (1987), por ejemplo, presenta al mismo tiempo ejemplos de la lengua oral y de la lengua escrita. Para Fuentes su interés primordial es el lenguaje periodístico. Aún así, hace alusión a textos científicos (1987, 126), «*Con todo aparece en textos científicos fundamentalmente...*», pero sus fuentes son únicamente dos libros de textos, uno de matemáticas de C.O.U y otro de la teoría de la literatura, por lo que su afirmación resulta una generalización algo atrevida.

indiscriminada. En la actualidad además hay un interés mayor por el estudio de la lengua hablada⁽⁴²¹⁾. De igual forma, intento evitar las carencias observadas en los ejemplos presentados en otros trabajos que eran poco reales. Esto es especialmente evidente en el caso de los ejemplos con tan sólo dos oraciones descontextualizadas. Así, Bateman y Rondhuis (1994) citan el siguiente ejemplo de relación de causa y consecuencia tomado de Martin (1992):

We arrived late. So we didn't have much time to prepare

Ejemplos de este tipo, descontextualizados, pueden en algunos casos admitir varias interpretaciones y, por tanto, aceptar varios marcadores.

El estudio de los casos de conectores o marcadores hallados en los textos en inglés y en español analizados me permite señalar unas conclusiones interesantes.

En primer lugar, como elementos de encapsulamiento y anuncio simultáneo mantienen una estrecha relación con el resto de los procedimientos de cohesión. Esta relación se observa, por ejemplo, en los textos en español que prefieren indicar las relaciones de causa y consecuencia mediante encapsulamiento pronominal con «por esto» o «por ello» o mediante expresiones nominales del tipo «*por dicha razón*», que recuperan lo dicho anteriormente para considerarlo la causa de lo que ahora se va a decir.

Ejemplo 288 (anexo 8)

(34) LA SITUACIÓN MÁS SIMPLE se da, POR EJEMPLO, en la perovskita $KZnF_3$, que mantiene la simetría cúbica a cualquier temperatura y no sufre transición de fase alguna. (35) POR ELLO, ES un material ideal para contrastar sus propiedades con las del resto de la serie.

(421) En español podemos mencionar, por ejemplo, como estudio sobre los conectores propios del lenguaje hablado, el trabajo de Cortés Rodríguez (1991).

Ejemplo 289 (anexo 9)

(28) Débese ESE FENÓMENO a la absorción resonante de radiación en el rango visible del espectro, para el cual las longitudes de onda son mayores que los diámetros de LOS MICROAGREGADOS. (29) POR DICHA RAZÓN, las superficies cubiertas con ESTE TIPO DE MICROAGREGADOS pueden emplearse como absorbentes efectivos en las aplicaciones de conversión fototérmica de la energía solar; por ejemplo, en los paneles.

La relación de los conectores o marcadores con el resto de los mecanismos de cohesión en el plano de la intención se observa en el uso de los marcadores organizadores del tipo «first», «second» que van ligados a la presencia de un anuncio previo mediante nombre.

Pero esta relación no sólo se observa en los indicadores del orden de la información. Son numerosos los ejemplos en los que los «marcadores» se integran con el resto de las señalizaciones textuales. Así, en el ejemplo siguiente las oraciones 50 y 51 encabezadas por las expresiones «en concreto» y «por otro lado» no hacen sino explicar la afirmación «de forma anómala» de la oración 49.

Ejemplo 290 (anexo 8)

(49) A las temperaturas en que se producen las transiciones de fase (cambios de simetría), la permitividad eléctrica, la capacidad calorífica y la expansión térmica, entre otras magnitudes físicas, varían de forma anómala. (50) En concreto, en la primera transición a 393 grados kelvin aparecen dipolos eléctricos que se alinean de manera espontánea (fase ferroeléctrica), y la permitividad eléctrica aumenta considerablemente. (51) Por otro lado, en las transiciones a temperaturas inferiores se producen cambios discontinuos en el valor y dirección de los momentos dipolares, aunque el material sigue siendo ferroeléctrico.

O en este otro ejemplo en el que la expresión «un terreno de gran interés práctico» se explica en las oraciones 162 y 163, señalizadas mediante la expresiones «en efecto» y «en particular». La oración 162 nos dice que «un

terreno...» (O. 161) es el desarrollo de soportes magnéticos que puedan contener cada vez más información y en la 163, como el marcador «en particular» nos señala, se especifica más: se trata en concreto de almacenar información magnética en tres dimensiones. El párrafo termina con un encapsulamiento «para ello» que recupera la información dada y se interpreta pues como «para poder almacenar información magnética en tres dimensiones».

Ejemplo 291 (anexo 7)

*(161) Estos resultados nos han permitido explorar un terreno de gran interés práctico. (162) EN EFECTO, la industria que utiliza el almacenamiento magnético de información demanda **el desarrollo de soportes materiales que puedan contener cada vez mayor cantidad de información**. (163) EN PARTICULAR, sería muy conveniente poder ALMACENAR INFORMACIÓN MAGNÉTICA en tres dimensiones. (164) PARA ELLO deberíamos disponer de nuevos materiales con alta anisotropía estructural y magnética.*

De igual forma, en este otro ejemplo, la oración 35 presenta un anuncio con encapsulamiento implícito en el posible complemento del nombre. «El principio» se entiende como «el principio de funcionamiento de estos sistemas»:

Ejemplo 292 (anexo 12)

*(34) Estos sistemas utilizaban tubos huecos, revestidos interiormente de un material reflectante, para transportar la luz. (35) EL PRINCIPIO era sencillo: (36) **una vez que LOS RAYOS DE LUZ se introducían por un extremo del tubo, se propagaban en su interior, reflejándose cada vez que encontraban la superficie interna del mismo, hasta alcanzar el otro extremo**. (37) En las fibras ópticas modernas LA LUZ se transmite de forma ANÁLOGA. (38) MÁS para conseguir que LOS RAYOS DE LUZ se reflejen en SU interior éste se construye con dos tipos diferentes de vidrio o plástico.*

La oración 36 explica el principio de funcionamiento de los sistemas presentados en la oración 34 a la hora de transportar la luz, como señala la puntuación de la oración 35 «*el principio era sencillo*». La oración 37 establece el paralelismo

con el funcionamiento del transporte de la luz en las fibras ópticas mediante el adjetivo del circunstancial de modo, «de forma análoga»; pero las fibras ópticas exigen ciertos requisitos y esa información se presenta en la oración 38 y así lo señala el marcador «mas».

Podemos encontrar varios casos en los que un marcador o conector alterna con otros procedimientos para manifestar la intención del escritor. Así en el siguiente ejemplo los diversos «trucos» con los que la retina resuelve su adaptación a los cambios de intensidad se señalan mediante el ordinal «*first*» en la oración 32 y mediante el marcador «*furthermore*» (O. 34).

Ejemplo 293 (anexo 4)

*(30) Adaptation is necessary if the system is to respond sensitively to small local changes in the image against a background whose intensity **may vary by a factor of a million from midnight to high noon.***

(31) The retina copes with THIS TREMENDOUS RANGE in several stages. (32) THE FIRST BIOLOGICAL TRICK is to use two different kinds of receptors: (33) RODS are sensitive to low light levels and CONES to higher ones. (34) FURTHERMORE, THE CONES THEMSELVES can alter the range of light intensities to which they respond, depending on the average long-term brightness in a scene. (35) (THESE ADAPTIVE MECHANISMS explain why people stepping into bright sunlight from semidarkness experience the scene as washed out and overexposed).

En los ejemplos anteriores el marcador encapsulaba la información dada en la oración inmediatamente anterior. Sin embargo, es posible que el marcador retroceda varias oraciones e incluso párrafos. Por ejemplo, es frecuente que los conectores que aparecen al inicio de un párrafo enlacen éste globalmente con el párrafo anterior. Pero el alcance de la información que ese conector recupera no se reconoce por la distinción física del párrafo, sino por la información recuperada. En el ejemplo siguiente, el conector «*therefore*» (O. 65) que inicia el párrafo recupera toda la información del párrafo anterior y la relaciona con la conclusión que el nuevo párrafo presenta:

Ejemplo 294 (anexo 4)

(61) To imitate the horizontal cells, we built a simple hexagonal network of resistors and capacitors. (62) Each node in THE NETWORK is linked to a single photoreceptor and, through identical variable resistors, to its six neighboring nodes. (63) THE CAPACITORS correspond to the charge storage capacity of horizontal cell membranes, whose fine branchings present a large surface for storing ionic charge from the extracellular fluid. (64) THE RESISTORS, MEANWHILE, model the gap junctions that couple adjacent horizontal cells in the vertebrate retina. (65) The voltage of EACH NODE IN THE HORIZONTAL CELL NETWORK THEREFORE presents a spatially weighted average of the photoreceptor inputs to the network.

La afirmación que inicia el párrafo, «*the voltage of each node in the horizontal cell network presents a spatially weighted average of the photoreceptor inputs to the network*» (O. 65), se interpreta claramente como una conclusión de lo afirmado en el párrafo anterior gracias a la presencia del conector «*therefore*» (O. 65). Ese valor se reconoce además porque esa oración 65 recupera las entidades que se habían presentado en el párrafo anterior, concretamente en las oraciones 61 y 62, «*the voltage of each node in the horizontal cell network*» y «*the photoreceptor*». En la oración 61 se menciona la existencia de la red de resistencias y condensadores, «*we built a simple hexagonal network of resistors and capacitors*» (O. 61) y, en la oración 62, se presentan las características de esta red que se construye para imitar las células horizontales.

La recuperación global del párrafo, anulando la información de algunas de las oraciones intermedias, la 63 y la 64 en este caso, para conectar directamente las entidades coincidentes en las oraciones 61, 62 y 65, se confirma gracias a los mecanismos de cohesión empleados para enlazar entre sí esas dos oraciones. La cohesión de las oraciones 63 y 64 en el plano del contenido se consigue mediante las entidades señaladas en mayúsculas y la presencia en la oración 64 del marcador «*meanwhile*» no hace sino insistir en su especial relación al señalar la simultaneidad de las acciones realizadas por las resistencias y los condensadores.

La presencia de un conector o marcador encapsula fragmentos de texto mayores que una oración y este fenómeno se manifiesta en la anulación de la información proporcionada por determinadas oraciones intermedias como puede observarse en el ejemplo siguiente. En este caso, el conector «*but*» (O. 164) al principio del párrafo retrocede hasta el inicio del párrafo anterior, oración 159. *But* señala la tercera aplicación que resulta ser la más importante de las tres anunciadas en esa oración 159:

Ejemplo 295 (anexo 6)

(159) *In the near future, we foresee at least **THREE IMPORTANT APPLICATIONS.*** (160) *First, the technology should provide a new standard for measuring small currents.* (161) *We expect an accuracy of better than one part per billion, about 1,000 times better than existing systems.* (162) *Second, the technology promises supersensitive electrometers - instruments that would measure charges as small as one tenthousandth of e, which is almost a million times better than the resolution of commercially available instruments.* (163) *(Such electrometers have already been used by researchers at Saclay and at Bell Labs to measure single-electron tunneling effects in other devices.)* (164) *But THE MOST IMPORTANT PROSPECT FOR SINGLE ELECTRONICS is its application to digital integrated circuits.*

Otro ejemplo en el que podemos observar este funcionamiento encapsulador y la recuperación de entidades y procesos mencionados anteriormente que realizan los conectores o marcadores es el siguiente. De nuevo, el conector que inicia el segundo párrafo, *however* (O. 4) anula la información intermedia y conecta directamente con la oración 1, mediante la nominalización del proceso «*dreamed*» (O. 1):

Ejemplo 296 (anexo 5)

(1) ***Investigators have long dreamed of building an optical computer.*** (2) *Electronic switches and circuits would be replaced by a network of light through which individual impulses carry and process information.* (3) *The idea is not only aesthetically appealing but also offers the promise of a machine that would be even faster and more versatile than the most powerful computer in use today.* (4) *The realization of THE DREAM, HOWEVER, has been thwarted by*

the lack of sufficiently tiny optical-signal processing devices. (5) Like its electronic counterpart, the transistor, the basic building block of any optical processing or communications system must operate at low power and at high speed, and to do so it must be small.

La condición de remontarse a información dada anteriormente es evidente también en el siguiente párrafo del mismo texto:

Ejemplo 297 (anexo 5)

(20) Microlasers are so new that at this time no one can predict whether they will make a significant impact on the commercial market. (21) Moreover, the development of an optical computer is far from an easy task (22) (see «the optical computer», by Eitan Abraham, Colin T. Seaton and S. Desmond Smith; Scientific American, february, 1983). (23) Nevertheless, microlasers have generated enormous excitement for their potential applications in optical communications and information processing in general.

En este fragmento, el conector «*moreover*» (O. 21) nos dice que esa oración 21 tiene el mismo valor que la oración anterior: indicarnos que el futuro de los microláseres es incierto. Pero, lo hace recuperando una entidad antigua, el ordenador óptico, con la que se había iniciado el texto; en concreto, retrocede a la oración 1 que hemos visto en el ejemplo inmediatamente anterior. El otro conector de este fragmento, «*nevertheless*» (O. 23) permite también insistir en este funcionamiento anulador de la información intermedia. La información de la oración 23, que inicia «*nevertheless*», recupera las entidades mencionadas en la oración 20. Las dos oraciones se inician con la misma entidad, «*microlasers*» y el proceso de la oración 23, «*generate enormous excitement*», recupera implícitamente una entidad personal que en la oración 20 estaba explícita, «*no one*».

La referencia a entidades previamente mencionadas es clave a la hora de reconocer el alcance del encapsulamiento y las oraciones cuya información se anula momentáneamente.

Ejemplo 298 (anexo 8)

(63) En el KMnF_3 la sustitución del ion rubidio (Rb^+) por potasio (K^+), más pequeño, inestabiliza LA RED y se producen sucesivas transiciones de fase, independientemente de la interacción magnética. (64) Partiendo de LA FASE cúbica de alta temperatura [figura 3a], la condensación del modo R_{25} a 186 grados Kelvin conduce a una fase distorsionada tetragonal [figuras 3b y 3c]. (65) El modo M_3 que sigue activo A DICHA TEMPERATURA, se ablanda a 91 grados K y sus distorsión se superpone a la anterior [figura 3d]. (66) AHORA BIEN, como el sentido de la rotación del MODO M_3 respecto del R_{25} coincide en una capa y se opone en la siguiente el ángulo total girado por los octaedros aumenta y disminuye en capas alternas, respectivamente. (67) A TEMPERATURAS AUN MÁS BAJAS, 81,5 GRADOS K, se produce una distorsión de los propios octaedros, que dejan de ser regulares. (68) ESTAS TRANSICIONES se reflejan en las medidas de dilatación térmica y susceptibilidad magnética de monocristales [figura 3]. (69) En la fase cúbica, los momentos están desordenados (fase paramagnética), LAS TRANSICIONES estructurales no causan efectos magnéticos detectables y el ordenamiento magnético se produce espontáneamente **a 88 grados K**, sin cambio estructural asociado. (70) SIN EMBARGO, POR DEBAJO DE ESTA TEMPERATURA los iones Mn^{2+} ocupan cuatro posiciones no equivalentes y, a su vez, cada momento magnético tiene su dirección fija dentro del octaedro. (71) Como consecuencia de ELLO se forman cuatro subredes magnéticas [figura 3e] octaedros separadas por iones Cs o Rb.

En este ejemplo del español la oración 70 en la que aparece el marcador «sin embargo» menciona en primer lugar la circunstancia «por debajo de esta temperatura». Esta circunstancia hace retroceder a la oración anterior, en la que se menciona una temperatura concreta.

Es fundamental hacer ver que la función que desempeñan los conectores o marcadores pertenece a dimensión «persuasiva» del lenguaje. El autor del texto pretende convencer al lector de lo afirmado y conducir la interpretación de la información en el sentido deseado por él. Se trata del uso argumentativo del lenguaje, posible en todo texto. Es evidente que los marcadores se integran con el resto de los mecanismos de cohesión para conducir la interpretación del lector de la información del texto. En este sentido, los marcadores simplemente manifiestan la intención con que el autor manifiesta la información.

En el fragmento siguiente las oraciones del texto se encadenan gracias a la continuidad de tópico y es la señalización del valor de la oración la que conduce su interpretación en el plano de la intención:

Ejemplo 299 (anexo 11)

(82) Evidentemente, cuantas más fibras podamos utilizar mayor será EL NÚMERO DE OBJETOS O REGIONES QUE PUEDEN SER OBSERVADOS A LA VEZ, pues cada fibra transporta la radiación de cada uno de ellos. (83) PERO hay límites prácticos AL NÚMERO DE FIBRAS que admite un espectrógrafo. (84) Factores muy diversos, relacionados con el diseño óptico DEL ESPECTRÓGRAFO y con las características de los detectores empleados en astrofísica, determinan DICHO NÚMERO que ha oscilado entre 30 y 70 para la mayoría de los sistemas de espectroscopía multifibra construidos hasta ahora. (85) La utilización de LAS FIBRAS ÓPTICAS para realizar ESPECTROSCOPIA MULTIOBJETO Y BIDIMENSIONAL tiene OTRA VENTAJA, además de aumentar el rendimiento con la observación simultánea de muchos objetos o muchas regiones de un objeto extenso. (86) No olvidemos que LAS OBSERVACIONES realizadas desde la tierra se hacen a través de un medio, la atmósfera, el cual está sujeto a variaciones temporales. (87) ADEMÁS, a lo largo de una exposición el telescopio debe seguir apuntando en la misma dirección, por lo que va alterando su orientación para corregir el efecto de rotación TERRESTRE y, así, LA OBSERVACIÓN transcurre a través de una zona de atmósfera cambiante. (88) PUES BIEN, cuando utilizamos una configuración con fibras ópticas como las comentadas arriba, todos los objetos o zonas de un objeto extenso SE OBSERVAN BAJO LAS MISMAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS, lo cual facilita el análisis posterior de los resultados. (89) ADEMÁS, la resolución de un espectrógrafo depende directamente de la distribución de intensidades DEL OBJETO en la rendija o entrada del mismo. (90) EN UN ESPECTRÓGRAFO CONVENCIONAL ESTA DISTRIBUCIÓN varía con las condiciones atmosféricas y la estabilidad del guiado del telescopio durante el tiempo que dura la exposición. (91) SIN EMBARGO cuando alimentamos UN ESPECTRÓGRAFO por medio de una fibra óptica, debido al gran número de reflexiones que tienen lugar en su interior, la distribución de intensidad a la salida ofrece un perfil independiente de los factores comentados arriba (condiciones atmosféricas y guiado) y, por tanto permite la observación a resolución constante.

Así, el párrafo comienza con una afirmación (O. 82) en la que el autor

defiende la idea de que un mayor número de fibras permite observar más objetos. Pero existe un problema, el número de fibras es limitado y así lo indica el marcador «pero» al inicio de la oración 83. La oración 84 sigue hablando de dicho número límite y por ello no hay ninguna señalización. Se acaba el párrafo y el autor decide abandonar ese tema del número de fibras y recuperar un tema del que ya se había hablado en la oración 82, «las observaciones»; para ello utiliza una expresión que encapsula de forma implícita la información de esa oración, la expresión «otra ventaja». De este modo, el lector percibe como una ventaja la información de esa oración 82, pero como ha quedado varias oraciones antes vuelve a repetirla en la cláusula encabezada por «además de». La expresión «otra ventaja» no sólo evalúa la información dada antes, sino que anuncia también la información siguiente: se va a mencionar una propiedad conveniente. Sin embargo, ese anuncio se aplazará hasta las oraciones 88 y 90. En la oración 88, la presentación de la ventaja se señala mediante «pues bien» y en la oración 90, encontramos «sin embargo» para indicar la contraposición al empleo menos conveniente de un espectrógrafo convencional. Antes, el autor menciona los inconvenientes que el uso de la fibra óptica viene a solucionar y mediante el imperativo «no olvidemos que» el lector recibe una llamada de atención para que tenga en cuenta la información de las oraciones 86 y 87 referente a las observaciones mediante espectrógrafo. En concreto, en esta oración 87 el conector «además» nos conduce a interpretar esta oración en el mismo sentido que la 86 y así considerarla dependiente del mismo imperativo de la oración anterior. En muchos de los ejemplos analizados he podido observar que los conectores conocidos tradicionalmente como conectores de adición funcionan como comodines y hacen que la oración que encabezan asuma el valor de la señalización presente en la oración anterior.

Otro ejemplo que nos muestra cómo la señalización mediante conectores o marcadores conduce la argumentación es el siguiente.

Ejemplo 300 (anexo 6)

(69) FOR EXAMPLE, what happens if the junction is connected to a source of constant current? (70) If the surface charge Q is zero initially, then THE SYSTEM is within the Coulomb blockade limits, and tunneling is suppressed. (71) THEREFORE, the current flowing from the source through wires will start to change THE CHARGE Q continuously. (72) For convenience, assume that THE DEPOSITED CHARGE RATE is positive rather than negative. (73) If THE CHARGE reaches and slightly exceeds $+e/2$, tunneling becomes possible. (74) One electron will THEN cross the junction, making its charge slightly greater than $-e/2$. (75) HENCE, THE SYSTEM is within the Coulomb blockade range again, and tunneling is not possible. (76) The current continues to add positive charge to THE JUNCTION at a constant rate, and Q , grows until it exceeds $+e/2$ again. (77) The repetition of THIS PROCESS produces the single-electron tunneling (SET) oscillations: (78) THE VOLTAGE changes periodically with a frequency equal to THE CURRENT divided by the fundamental unit of charge, e .

Esta idea nos conduce a otra conclusión importante. Una clasificación de los conectores deberá atender a sus valores en la construcción del discurso. En este sentido los valores de los marcadores están estrechamente relacionados con las relaciones semánticas del discurso que describe Crombie (1985), las relaciones «retóricas» de la Teoría de la Estrutura Retórica de Mann y Thompson (1986; 1992) y las funciones textuales que señala Casado Velarde (1993). Se trata de clasificar las relaciones que se establecen en el texto y luego observar qué marcadores pueden emplearse en cada caso.

Es necesario mencionar una característica propia de todos estos elementos y podríamos decir que de todo el lenguaje natural y que impide clasificaciones cerradas: es su plurifuncionalidad⁽⁴²²⁾. No porque el uso de un conector tenga una función principal reconocida se empleará únicamente con esa función. Los intercambios de funciones son continuos. Así, en los textos analizados, «por ejemplo» se emplea en muchas ocasiones no para presentar exactamente un ejemplo, sino para matizar el alcance de la información dada previamente e indicar una posibilidad.

(422) Así lo reconoce Casado Velarde (1993, 38).

Ejemplo 301 (anexo 9)

(11) Dependiendo del tipo de experimento y las longitudes implicadas en el mismo, pueden requerirse tamaños de sólo 1 nanómetro (millonésima de metro); (12) por longitudes entendemos aquí, POR EJEMPLO, la longitud de onda de la radiación electromagnética que interacciona con el agregado, o bien la longitud de onda de los electrones de conducción, etcétera.

Esta plurifuncionalidad de algunos marcadores es evidente en el caso del inglés «*then*». «*Then*» expresa fundamentalmente dos tipos de relaciones. En unos casos se trata simplemente de una relación temporal y en otros, se añade una matiz explicativo. Este segundo caso lo denomina Tados (1994, 76) «*then* de inferencia». Pero Schiffrin (1987, 246-247) menciona lo difícil que resulta distinguir en el caso del adverbio «*then*» entre su uso como adverbio y su uso como marcador. Para Schiffrin «*then*» en la conversación funciona como adverbio cuando indica relación temporal y como marcador cuando señala una relación de consecuencia entre dos afirmaciones.

Para ilustrar estos usos presentaré aquí dos ejemplos de «*then*» como marcador de una relación temporal en el primer ejemplo y de una relación consecutiva en el segundo tomados de los textos analizados. En el caso de relación temporal, puede parafrasearse como «después de esto», en cambio en el segundo caso, corresponde a «como consecuencia de esto»:

Ejemplo 302 (anexo 5)

*(88) The technique for achieving the necessary control is based on the fact that **an individual atomic layer becomes progressively rougher as it grows, until about half of it is in place.** (89) THEN the layer begins to become progressively smoother until, when it is completely in place, it is atomically smooth.*

Ejemplo 303 (anexo 5)

(80) Such a high reflectivity is attained by depositing in alternate layers two semiconductors, such as gallium arsenide and aluminum arsenide,

*that have different indices of refraction (81) - That is, light travels at different speeds through them. (82) The difference in the indices gives rise to a partial reflection at each interface, just as the difference in the indices of glass and air causes a partial reflection from a window. (83) Although the reflection from each interface is only about 0.6 percent, a **total reflectivity of greater than 99 percent can be achieved by stacking many alternate layers of the proper thickness.***

(84) Ironically, THEN, the bulk of a microlaser consists not of the approximately hundredth-micron-thick section containing the amplifying medium but rather of the mirrors, which together are four or five microns thick.

Es importante destacar la función de los conectores de adición. Su valor no es simplemente de adición. Su función es realmente la de un comodín; al emplearse al inicio de una oración nos dicen que esa oración se interpretará en el mismo sentido que la anterior. Si esa oración anterior tiene otro marcador, su valor se asignará también a la oración con el conector de adición como en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 304 (anexo 7)

(40) La superficie expuesta a la atmósfera, POR EJEMPLO, está cubierta por capas de contaminación debido a las reacciones con los gases y vapores de ésta. (41) Normalmente se forman óxidos y a menudo sulfuros, carbonatos u otros compuestos, según sean el substrato y el ambiente. (42) ADEMÁS, la superficie puede presentar trazas de materiales que han estado en contacto previo con ella. (43) ASÍ, una superficie ordinaria, aunque esté limpia a simple vista, es, en realidad, un complejo sistema de componentes químicos y restos de impurezas.

La oración 42 que encabeza «además» se suma a la 41 y las dos se pueden considerar dependientes de ese adverbio «normalmente» (O. 41) que nos dice que «es normal que se formen óxidos, sulfuros, carbonatos y otros compuestos» y también que «es normal que la superficie pueda presentar trazas de materiales».

Esta condición de enlazar dos oraciones que tienen una misma intención es especialmente evidente en el caso del marcador «also», que se

caracterizará además por la presencia de entidades coincidentes. «*Also*» nos aclara que la nueva oración comparte el mismo valor intencional de la anterior. Se trata además de oraciones en las que se comparten entidades:

Ejemplo 305 (anexo 2)

(127) The discovery that small changes in CLUSTER SIZE can produce large differences in adsorptive behavior strengthens the notion that clusters represent a distinct phase of matter. (128) IT also suggests that specifically adsorptive clusters might be chosen by size and deposited on a substrate for industrial catalysis, whereas unreactive clusters might be selectively deposited to form protective coatings.

En este fragmento es la entidad de la oración 127, «*the discovery that...*» el que realiza las dos acciones *strenghtens* (O. 127) y «*suggests*» (O. 128).

La tendencia que se percibe en el uso de «*also*» es la recuperación de la misma entidad de la oración anterior para indicar que la información de esa segunda oración insiste en la misma idea como se observa en estos otros ejemplos:

Ejemplo 306 (anexo 4)

(1) THE EYE is the window through which the mind perceives the world around it. (2) IT IS ALSO A WINDOW THROUGH WHICH to discern the workings of the brain.

Ejemplo 307 (anexo 4)

(43) THIS LOCAL ADAPTATION does not just ensure reliable signaling of small changes in image brightness. (44) IT ALSO suppresses features of images that are not of interest while enhancing those that are.

Se percibe también que las oraciones unidas mediante «*also*» muestran la mayoría función evaluadora. En el siguiente fragmento, las oraciones unidas por «*also*»: la 175 y la 176 resultan ser la justificación de un comentario valorativo, la oración 174:

Ejemplo 308 (anexo 3)

(174) The linking of digital and other systems by OPTICAL FIBERS is increasing at a rapid pace. (175) TRANSCONTINENTAL AND TRANSOCEANIC FIBERS are already in use, and fiber is spreading through the telephone and cable-television systems toward home and office. (176) OPTICAL FIBERS are ALSO being used to extend the distance and speed of computer connections.

Otros casos en los que «also» se emplea para añadir más información que contribuye a la evaluación de la información dada son los siguientes:

Ejemplo 309 (anexo 4)

(112) THE INTERPLAY OF CONTEXT AND ADAPTATION is a fundamental principle of the neural paradigm. (113) IT ALSO imposes some interesting constraints on neurally inspired circuits.

En este fragmento, las oraciones 112 y 113 valoran positivamente «*the interplay of context and adaptation*». Otros ejemplos de esa función evaluadora son los siguientes:

Ejemplo 310 (anexo 3)

(138) One of the most serious shortcomings of GALLIUM ARSENIDE AND ITS RELATED ALLOYS is the lack of a usable native oxide, such as that which silicon forms when heated in air. (139) SILICON OXIDE constitutes an electronic and mechanical seal that has a variety of applications. (140) In field-effect transistors, SILICON OXIDE provides the insulation between the gate and the channel. (141) In bipolar transistor circuits, SILICON OXIDE provides insulation between adjacent transistors. (142) SILICON OXIDE can ALSO be exploited as a tool in the fabrication of transistors and circuits on chips; (143) IT provides a protective mask through which windows can be cut to allow reactive chemicals to etch patterns, deposited metal to build conducting films and added dopants to activate particular regions.

En este ejemplo la oración 142 en la que aparece «also» se suma a las oraciones que valoran positivamente «*silicon oxide*».

Es necesario comentar además que la existencia de una tendencia determinada para un conector o marcador no impide que presente otras posibilidades de funcionamiento. Por ejemplo, «*also*» se emplea la mayoría de las veces en oraciones que comparten entidades, pero no es así necesariamente siempre como sucede en el siguiente fragmento en el que encontramos dos entidades relacionadas: «*integration and packaging compatibility*» (O. 224) e «*interchip delays*» (O. 225) que son características de los microcircuitos:

Ejemplo 311 (anexo 3)

(224) Silicon will continue to serve as the stuff of digital computing unless gallium arsenide technology can be pushed to higher levels of INTEGRATION AND PACKAGING COMPATIBILITY. (225) INTERCHIP DELAYS must ALSO be minimized so that any advantages on the level of THE CHIP can be realized in the entire system.

«*Also*» (O. 225) indica, eso sí, que la función de esa oración que inicia es la misma que la de la oración anterior. El conector insiste, en este caso, en la información que el verbo modal nos proporciona. «*Must*» (O. 225) nos dice que el proceso de esa oración, «*minimize*», es una condición que se debe cumplir, igual que sucede con la condición señalada en la oración anterior mediante «*unless*».

Otro ejemplo del mismo texto en el que «*also*» une dos condiciones revela dos características importantes sobre el uso de los marcadores en el texto. En primer lugar, su relación con la función persuasiva del lenguaje. En las oraciones 132 y 133 el autor nos hace ver la importancia de conseguir resultados prácticos. En segundo lugar, la existencia ya comentada en el capítulo 5 de tendencias propias de cada autor que le llevan a repetir o preferir determinadas combinaciones.

Ejemplo 312 (anexo 3)

(132) It is not enough to identify GALLIUM ARSENIDE'S PROPERTIES and devise ways of exploiting THEM; (133) one must ALSO make THE PRODUCTS THEMSELVES at high quality and low cost.

El análisis del uso de los conectores en los textos analizados parece verse sujeto a dos fenómenos contrarios. Por una lado, la posibilidad de usarlos de forma poco habitual en determinados usos «originales» y por otro, la existencia de tendencias que se repiten como la combinación de «existe» con «sin embargo» que encontramos en los dos ejemplos siguientes:

Ejemplo 313 (anexo 12)

(114) Existe, SIN EMBARGO, UN TIPO DE RECOMBINACIÓN, la radiativa, que es inevitable porque constituye el mecanismo inverso a la absorción de fotones por el semiconductor. (115) SEGÚN ESTE MECANISMO, cuando chocan un electrón y un hueco se les ofrece cierta probabilidad de restablecer el enlace, cayendo el electrón en la banda de valencia y haciendo desaparecer el hueco de ella.

Ejemplo 314 (anexo 12)

(192) EN LA SUPERFICIE FRONTAL existe, SIN EMBARGO, una fina capa N^o, recubriéndola; (193) ESTA CAPA, capaz de limitar la recombinación de superficie, es indispensable en la célula PERL para favorecer la conducción lateral de la corriente hasta alcanzar las tiras de la rejilla de contacto que están bastante separadas.

Estas tendencias se explican por el fenómeno de «eco verbal» mencionado ya.

Para concluir el capítulo, me gustaría presentar la frecuencia de uso de los conectores o marcadores empleados en los textos en inglés y en español porque aporta datos interesantes sobre los mecanismos de construcción del texto científico-técnico. Puede afirmarse que en general se percibe las mismas tendencias de uso en las dos lenguas. En ambas predominan los marcadores que indican contraste y continuidad.

En inglés sobresale de forma destacada «*also*» que registra 34 usos. Detrás sigue «*but*» con 16 casos. Con un número muy aproximado de usos están

«then», 15 casos, y «for example» y «however» con 14 casos cada uno. Con 10 casos está «therefore» y con 9, «yet». «Hence» aparece en 8 ocasiones y «first», en 7, a partir de aquí el resto de los conectores registran 5 casos o menos.

Los resultados hallados en los textos españoles son bastante similares, aunque por supuesto hay pequeñas diferencias. El marcador más empleado en los textos en español es el marcador «pero» con 24 usos, que supera al uso de *but* en inglés. En este sentido, «pero» puede indicar simplemente la presencia de otros mecanismos y por esta razón, en muchos casos señala la presencia de otro marcador. Así se registra un caso «Pero, además» y varios en los que «pero» se encuentra a principio de párrafo acompañado de una pregunta que introduce el tema como en el ejemplo:

Ejemplo 315 (anexo 7)

(33) **PERO**, ¿qué es **UNA SUPERFICIE**? (34) Entre dos medios, cualesquiera (sólidos-gas, sólido-líquido, sólido-sólido, etc) siempre existe UNA ZONA SUPERFICIAL O INTERFACIAL que los separa.

En segunda posición, se encuentra con 21 usos «también». Su utilización para indicar la coincidencia de entidades y procesos es una de las razones de este predominio, que no logra, no obstante, alcanzar la frecuencia de uso de «also» en inglés y tampoco desempeña la misma función, ya que los casos hallados parecen indicar simplemente la repetición de un proceso como en el ejemplo:

Ejemplo 316 (anexo 7)

(68) Si nos imaginamos UN CRISTAL METÁLICO como un conjunto de bolas de acero unidas con muelles y cortamos éstos a lo largo de un plano para formar UNA SUPERFICIE, no es difícil entender intuitivamente que los átomos de la superficie puedan moverse con respecto a las posiciones de equilibrio del volumen, ya que ahora no tienen vecinos hacia el exterior del cristal. (69) Los cambios estructurales que ocurren en LA REGIÓN SUPERFICIAL pueden implicar a varias capas atómicas. (70) Se dice que LA SUPERFICIE se ha reconstruido.

(71) ESTE EFECTO se produce TAMBIÉN en las superficies de los semiconductores, aunque por distintas razones.

Con un número parecido de usos encontramos «sin embargo» (18), «además» (15), «por tanto» (14) y «por ejemplo» (12), lo que nos permite decir que la contraposición de la información nueva con la previamente dada, la adición de información del mismo tipo, la presentación de una consecuencia y la presentación de información que ejemplifica o explica lo previamente dicho son funciones que se realizan aproximadamente con la misma frecuencia y tienen en estos marcadores sus principales representantes.

Con un número de usos bastante aproximado encontramos también a los siguientes: «ahora bien» (10), «de hecho» (8) y «en particular» (7) lo que me permite afirmar que otra de las funciones importantes desempeñada por estos marcadores en el texto es precisar la información dada previamente.

Podemos mencionar también que marcadores que parecen corrientes en español como «asimismo» y «no obstante» aparecen sólo en dos ocasiones el primero y una el segundo.

EL ANUNCIO MEDIANTE MARCADOR O CONECTOR

TEXTOS	MARCADORES O CONECTORES			
TEXTOS EN INGLÉS				
1. <i>The quantum effect device: tomorrow's transistor?</i>	But (3) However (15) Also (18) And (19) Also (24) Also (36) Hence (44)	Also (47) In particular (53) That is (54) Hence (59) Specifically (68) For example (70) Yet (72)	Hence (73) For example (78) However (95) Then (100) Indeed (102) However (106) However (112)	However (120) Also (121) Again (123) And (124) In turn (124)
2. <i>Microclusters</i>	Instead (2) In turn (14) But (21) Also (26) Then (32) Instead (48) Indeed (60)	But (61) For example (68) Then (75) However (80) Thus (86) Also (87) But (96)	Also (100) Yet (103) Then (111) Also (117) For example (123) But (125) That is (126)	Also (128) First (138) Too (142) Ultimately (144) Instead (148) However (156) Eventually (163)
3. <i>Progress in gallium arsenide semiconductors</i>	Nevertheless (0.2) First (12) Indeed (13) Also (14) Second (15) On the other hand (37) Therefore (43) Also (44)	But (48) In fact (52) Also (54) For example (67) Also (82) For example (84) Also (88) So (92) Therefore (94)	For example (119) First (126) Second (127) For example (131) Also (133) Instead (144) But (153) Therefore (157) Also (168)	Also (176) Hence (193) Yet (198) But (216) Moreover (221) Therefore (222) Also (225) Furthermore (230)
4. <i>The silicon retina</i>	Also (2) Yet (6) Also (7) In contrast (15) Also (22) Thus (23) Furthermore (34) As a result (39) In addition (41) Also (44)	In contrast (46) Also (59) Meanwhile (64) Therefore (65) Also (68) Also (72) First (76) In addition (78) Also (79) Then (81)	Finally (83) Also (91) In contrast (97) Yet (99) For example (102) However (107) Or (110) Also (111) Also (113) For example (115)	But (120) Furthermore (122) Therefore (124) For instance (126) Similarly (129) But (138) After all (139) Yet (140) However (143)
5. <i>Microlasers</i>	However (4) Moreover (21) Nevertheless (23) That is (38) Of course (48) But (51) Also (58)	Then (70) For example (71) Similarly (72) In fact (79) That is (81) Then (84) Then (85)	Then (89) Hence (92) Then (94) Then (101) Consequently (104) Also (106) Also (109)	First (111) Admittedly (121) However (123) Second (126) However (131) Therefore (134) Also (144)
6. <i>Single electronics</i>	But (8) Yet (20) Hence (22) However (25) Therefore (31) Actually (45) On the other hand (52) Likewise (60) But (61) Thus (62)	Meanwhile (66) However (67) For example (69) Therefore (71) Hence (75) And indeed (81) Yet (82) Nevertheless (85) For example (92) To start (102) Then (104)	Then (108) Then (113) Specifically (122) Moreover (129) Then (133) Consequently (135) Therefore (136) For example (141) Specifically (143) But (147) Thus (149)	Hence (158) First (160) Second (162) But (164) But (167) Still (173) First (175) Second (176) Yet (180) For one (188)

TEXTOS	MARCADORES O CONECTORES
--------	-------------------------

TEXTOS EN ESPAÑOL

7. <i>La física de superficies</i>	Asimismo (4) En efecto (21) Además (42) De hecho (18) Sin embargo (20) Pero (27)(33) Por ejemplo (40) Sin embargo (48)	En primer lugar (51) Por ejemplo (54) De hecho (56) También (71) Además (90) Por tanto (97) En efecto (105)	Ahora bien (108) Por tanto (113) De hecho (120) De hecho (121) De hecho (121) En cambio (122) Pues (123) En particular (134)	Pues (153) Esto es (160) En efecto (162) En particular (163) Sin embargo (180)
8. <i>Transiciones de fase en las perovskitas</i>	De hecho (4) En efecto (9) Además (12) Así (19) Sin embargo (20) Sin embargo (22) Además (40) Esto es (41)	En concreto (50) Por otro lado (51) Ahora bien (66) Sin embargo (70) Entonces (74) Por el contrario (84) Ahora bien (90)	También (99) En particular (102) Sin embargo (106) Además (109) Por tanto (113)(117) En particular (128) Además (131) Además (150)	Por ejemplo (133) (155) Sin embargo (136) Así (137) Ahora bien (168) En primer lugar (185)
9. <i>Propiedades de los microagregados metálicos</i>	También (2) Por otra parte (9) Por ejemplo (12) Por ejemplo (16) Pues (27) Ahora bien (32) También (65) En particular (66) Por ejemplo (71) Por tanto (73) De hecho (74)	Y (89) Ahora bien (92) Sin embargo (96) También (97) Ahora bien (103) Y (108) Pero (113) Por ejemplo (132) En consecuencia (133) Por otra parte (138)	En consecuencia (139) También (147) De hecho (148) Por tanto (149) Por contra (161) Por otro lado (171) Por tanto (172) También (174) Pues (176) Por una parte (178)	Por otra (179) Por ejemplo (183) Por ejemplo (186) También (187) No obstante (194) Pero (199)
10. <i>Singularidades en relatividad general</i>	Pero (0.2) Sin embargo (6) Por una parte (8) Por otra parte (9) Por tanto (11) También (159) Pero (17) Pero (22) Primero (30) Segundo (31) Por tanto (45)	También (53) En particular (63) Pero (68) Sin embargo (80) Así pues (95) Pero, además (96) Por tanto (98) En consecuencia (129) Pero (130) Además (136)	Pues (137) Sin embargo (138) Por otro lado (143) Primero (150) Segundo (151) Por último (154) Por una parte (158) Segundo (159) Por otra parte (169) Pero (174) Por ejemplo (182)	Por el contrario (183) Por tanto (186) Además (189) Pero (191) Por lo demás (202) Pero (203) También (208) Pero (219)(226) Y (248)
11. <i>Espectroscopía astrofísica con fibras ópticas</i>	Por contra (3) Ahora bien (5) Por ejemplo (6) Más aún (7) También (18) También (23) Por una parte (26)	Por otra (27) Ahora bien (28) Mas (38) Por tanto (43) Luego (58) Pero (65) En consecuencia (68)	Pero (72)(83) Además (87) Pues bien (88) Además (89) Sin embargo (91) Además (103) También (125)	En primer lugar (164) También (170) Pero (175) Pero (177) Por último (179)
12. <i>Células solares muy eficientes</i>	Sin embargo (8) O (10) Pero (22) También (34)(40) (56) En realidad (63) Más (65) En realidad (67) En resumen (69) Pues (75) Tampoco (79)	Por tanto (83) Asimismo (95) En efecto (96) En primer lugar (99) Pero (101) Es decir (112) Sin embargo (114) Ahora bien (118) En particular (125) Por contra (128)	Además (137) Sin embargo (144) En contrapartida (159) Pero (160) También (162) Es decir (165) Pero (170)(175) También (178)(179) Ahora bien (181) Sin embargo (192)	En primer lugar (198) Por otra parte (219) De hecho (222) Sin embargo (225) Por tanto (229) En consecuencia (234) Además (237)(243)

IX. CONCLUSIONES

Este estudio de la cohesión del texto científico-técnico aporta las siguientes conclusiones en torno a la cohesión y a la naturaleza del texto seguido. Es necesario advertir que el alcance de estas conclusiones se limita al texto escrito y, en particular, a la muestra de lenguaje científico-técnico analizada en este caso.

Las conclusiones a las que he llegado pueden agruparse en tres apartados. El primer apartado se refiere a la cohesión como procedimiento de relación de las oraciones del texto. Un segundo apartado corresponde a las similitudes y diferencias que existen en el funcionamiento de la cohesión en inglés y en español en los textos analizados. Finalmente, el tercer bloque corresponde a la contribución de la cohesión a la consecución de la coherencia.

9.1. LA COHESIÓN COMO MECANISMO DE RELACIÓN ORACIONAL

El estudio aquí realizado confirma que la cohesión es un mecanismo esencial en la construcción del texto, y más en el caso del texto seguido o monólogo. El análisis de los mecanismos de cohesión de los textos en inglés y en español me permite ratificar las siguientes ideas sobre el funcionamiento de la cohesión en el texto:

- En primer lugar, está claro que la cohesión es el procedimiento de contextualización oracional, ya que sitúa cada oración en su contexto inmediato, el texto previo. Los mecanismos de cohesión que he descubierto en los textos recuperan lo ya dicho en el texto y de esta forma, crean la continuidad de sentido que conduce a la percepción de la coherencia.
- En segundo lugar, la cohesión establece la continuidad textual gracias a la continuidad informativa. Como muestran los textos analizados, los puntos de unión entre las oraciones del texto corresponden a la cantidad de información que las oraciones comparten. La relación entre las oraciones del texto se crea gracias a la referencia anafórica que permite que la información que se presenta en el título, o en la primera oración del texto, se recupere en la oración siguiente y así sucesivamente.
- En tercer lugar, el valor de la posición inicial de la oración, el tema, como lugar preferido para la señalización de la relación entre las oraciones se explica porque es el lugar mejor para la contextualización oracional dada la dirección en la que se realiza la lectura.

En cuanto a las características del enfoque de la cohesión que presento son el resultado de la revisión y crítica de aportaciones teóricas anteriores y su contraste en los textos estudiados al analizar y clasificar las 2.286 oraciones de las que constan. Me gustaría resaltar varias novedades que aporta este enfoque y que creo permiten defender la cohesión como un fenómeno esencial de la construcción del texto cuya importancia no se ha percibido con suficiente claridad, ya que no se había logrado reconocer su verdadera naturaleza:

- Los trabajos existentes sobre la cohesión mencionados en el capítulo 4 han contribuido decisivamente a la versión de la cohesión aquí

presentada. Pero este enfoque incorpora aspectos que, aunque relacionados, habían sido tratados independientemente. Estos tres aspectos son: la cohesión en el plano del contenido mediante entidad relacionada; el funcionamiento de los mecanismos de encapsulamiento y anuncio y la incorporación del «metadiscurso» como anuncio. En concreto, el reconocimiento del anuncio como mecanismo de cohesión permite integrar definitivamente en la creación de la cohesión del texto dos importantes líneas de investigación existentes: el «metadiscurso» y la distinción «tema/remata».

- Además, este estudio demuestra que la idea de la cohesión como la presencia en el texto de expresiones lingüísticas relacionadas es errónea. La cohesión debe entenderse como los recursos formales que permiten al escritor construir el hilo del discurso. Los mecanismos de cohesión descubiertos en los textos permiten al lector identificar las entidades de las que se habla y conectan entre sí las oraciones.
- Por las características de los mecanismos léxico-gramaticales que crean la cohesión entre las oraciones de los textos analizados, los clasifico en dos tipos. Por una parte, están los mecanismos que actúan en el plano del contenido y permiten recuperar las entidades de las que se habla y, por otra, los mecanismos en el plano interactivo, o plano de la intención, que permiten encapsular el texto previo o rompen la continuidad y actúan como anuncio de lo que va a seguir.
- Las oraciones del texto pueden encadenarse simplemente, en el plano del contenido, por la existencia de información coincidente, o también en el plano interactivo, por la manifestación de la intención con la que se presenta dicha información. El enfoque de la cohesión

aquí presentado permite explicar cómo se construye el texto y cómo se acoplan la organización secuencial y la organización jerárquica de la información del texto. El estudio realizado de los mecanismos de enlace de las oraciones permite afirmar que la cohesión en el plano del contenido es responsable de la organización secuencial del texto, pero la organización jerárquica se consigue gracias al encapsulamiento y al anuncio. En los textos analizados se observa que las oraciones se encadenan simplemente en el plano del contenido, por la presencia de entidades coincidentes hasta que el autor decide manifestar un cambio en la dirección del discurso y lo señala mediante encapsulamiento o anuncio. Estos fragmentos de texto que mantienen la misma intención o «postura», si empleamos la terminología de Sinclair (1985, 23) permiten explicar la organización jerárquica del texto.

- Como se observa en los textos estudiados, la cohesión en el plano del contenido afecta a todas las oraciones del texto, ya que todas ellas presentan información común. Con independencia de la existencia de encapsulamiento o anuncio, toda oración se relaciona con la anterior por la presencia de una entidad común, aunque no es necesario que se mencione explícitamente.
- La cohesión en el plano del contenido se consigue por la existencia de una entidad coincidente o una entidad relacionada. Los mecanismos léxico-gramaticales que permiten la recuperación de esa entidad que previamente se ha presentado son: a) la repetición de la misma expresión, b) la presencia de un hiperónimo, c) un sinónimo, d) un pronombre, e) un posesivo o f) su omisión.
- Los casos de repetición de una misma expresión hallados en los textos analizados permiten afirmar que la repetición no supone la

recuperación de la misma entidad. De cara a la cohesión, la clave para reconocer la entidad mencionada es el grupo nominal completo, con determinantes y modificadores. Determinantes y adjetivos son elementos clave en la señalización de la referencia en el texto. Los determinantes indican al lector si la referencia de esa entidad debe buscarse en los conocimientos que él posee o en el texto. En este sentido, el demostrativo es el determinante que conduce a una identificación indefectible de la referencia del término al que acompaña como la misma de la mención anterior. El artículo determinado, en cambio, presenta a la entidad como conocida, por lo que puede no haber aparecido antes en el texto. Así ocurre en el caso de las entidades relacionadas que el escritor supone que el lector conoce.

- La recuperación de la misma entidad mediante una expresión distinta a la empleada originalmente responde a un deseo de variedad y a un deseo de economía. En los textos analizados es frecuente la recuperación abreviada de la entidad que previamente aparecía en un grupo nominal de gran extensión dada la necesidad de especificar la identidad de esa entidad que se menciona. El uso de un hiperónimo, un sinónimo o un pronombre responde pues al deseo de evitar la repetición de una expresión de gran extensión que se refiere a una entidad concreta.
- En el caso de la recuperación mediante sinónimo, es importante mencionar que, en los textos analizados, la sinonimia no actúa exactamente como mecanismo exclusivo de recuperación de entidades previamente mencionadas. Se trata en realidad de un procedimiento que evita la excesiva repetición y es frecuente su combinación con otros mecanismos de cohesión. Los casos clasificados como recuperación mediante sinónimo de una entidad

son de dos tipos. Por una parte, se encuentran expresiones que admiten la clasificación como hiperónimos, pero no hay un término más específico que otro. Por otra, se trata de términos entre los que existe una relación metonímica o metafórica.

- El análisis de los casos de encapsulamiento y anuncio hallados en los textos estudiados confirman que son los responsables de la cohesión en el plano interactivo. Estos dos mecanismos recuperan lo ya dicho para presentar lo que se va a decir, o interrumpen la continuidad textual simplemente para decir más o para evaluar lo dicho, explicarlo o justificarlo. Al absorber lo ya dicho, el encapsulamiento ofrece la posibilidad de anular momentáneamente algunas oraciones. El anuncio, en cambio, es como un paraguas bajo el que se resguardan varias oraciones que siguen a continuación.
- El estudio de los casos de encapsulamiento hallados descubre que su importancia es doble. Por una parte, el encapsulamiento permite integrar el contenido en la intención; es decir, retomar lo que se dice para explicar por qué se dice. Por otra parte, recupera fragmentos de texto de diferentes dimensiones, desde una cláusula hasta fragmentos de texto muy amplios. Este modo de funcionar del encapsulamiento permite ir integrando sucesivamente las oraciones o absorber varias de golpe y constituye la clave por la que la lectura lineal del texto conduce a una interpretación jerárquica. Este funcionamiento del encapsulamiento se manifiesta especialmente en la superficie del texto, ya que hace desaparecer las entidades de las que se está hablando.
- Los diferentes tipos de encapsulamiento hallados en los textos analizados en inglés y en español son a) la nominalización, b) la utilización de un nombre de referencia textual, c) el pronombre, d) el adverbio y e) el encapsulamiento tácito.

- Los casos clasificados como «anuncio» indican que la oración así introducida supone una ruptura «parcial» con la información previa. La oración o el fragmento que ahora se presenta tiene un valor especial que el anuncio señala. La labor del anuncio en la creación del texto tiene también múltiples facetas. Interrumpe la continuidad vigente para introducir una entidad nueva, recuperar una antigua que se había abandonado, o volver a mencionar la misma, pero con otra intención. Es frecuente en los textos analizados que las oraciones que constituyen anuncio actúen al mismo tiempo como encapsulamiento y recuperen de forma explícita la información dada previamente, pero la mayoría de las veces el anuncio supone la recuperación implícita de dicha información.
- Los tipos de anuncio hallados en los textos analizados son a) los nombres de referencia textual, b) los adjetivos y las oraciones de relativo sustantivadas, c) los verbos en imperativo o en extraposición, d) algunos adverbios, e) las preguntas y f) los conectores o marcadores.
- Los denominados «conectores» o «marcadores» son un caso especial de anuncio porque actúan al mismo tiempo como encapsulamiento. Los conectores señalan el valor de la nueva oración o fragmento que ahora se inicia según la intención del autor, pero en función de lo dicho antes.
- Los ejemplos encontrados en los textos analizados demuestran que los conectores o marcadores se integran con el resto de los mecanismos de cohesión para conducir la interpretación de la información por el lector. Su función pertenece a la dimensión «persuasiva» del lenguaje. El autor del texto pretende ejercer un efecto determinado sobre el lector y conducir la interpretación de la

información en el sentido deseado. Se trata del uso argumentativo del lenguaje, posible en todo texto expositivo o explicativo como los aquí analizados.

- En este sentido, todos los textos científico-técnicos aquí analizados son argumentativos, entendiendo que se construyen en función de una intención determinada, pero esa «argumentación» puede manifestarse en mayor o menor grado en la superficie textual. El estudio contrastivo descubre que en los textos en español existe un grado más elevado de argumentación debido a una mayor presencia de mecanismos de cohesión en el plano interactivo. Cuando el autor explota el plano interactivo, el grado de argumentación del texto es mayor, ya que la presencia del escritor en el texto se hace más evidente al emplear esas expresiones lingüísticas denominadas «metadiscurso».

Como conclusión para observar el funcionamiento de la cohesión en la construcción del texto y en especial en la construcción del razonamiento del autor, veamos los cinco párrafos iniciales de uno de los textos analizados en el corpus inglés:

Ejemplo 317 (anexo 5)

Microlasers

(0) MILLIONS OF LASERS JUST A FEW MILLIONTHS OF A METER can now be etched on a single chip, offering a host of novel applications in optical communications and information processing.

(1) Investigators have long dreamed of building AN OPTICAL COMPUTER. (2) ELECTRONIC SWITCHES AND CIRCUITS would be replaced by a network of light through which individual impulses carry and process information. (3) THE IDEA is not only aesthetically appealing but also offers the promise of a machine that would be even faster and more versatile than the most powerful computer in use today.

(4) The realization of THE DREAM, HOWEVER, has been thwarted by

the lack of sufficiently tiny optical-signal processing devices. (5) Like its electronic counterpart, the transistor, **THE BASIC BUILDING BLOCK OF ANY OPTICAL PROCESSING OR COMMUNICATIONS SYSTEM** must operate at low power and at high speed, and to do so it must be **SMALL**. (6) **In the microelectronics industry, TRANSISTORS HAVING DIMENSIONS SMALLER THAN A MICRON (a millionth of a meter) are now routinely fabricated in numbers approaching tens of millions on a single semiconductor chip.** (7) Compared with **THIS ASTONISHING FEAT**, the miniaturization of optical devices has lagged considerably.

(8) The current state of affairs in **COMMERCIALLY AVAILABLE OPTICAL TECHNOLOGY** is embodied by a device called the semiconductor diode laser, which is found in everything from compact-disc players to fiber-optic communications systems. (9) Although **THE DIODE LASER** has revolutionized the storage and communication of information, the size of the device and its degree of integration are roughly comparable to that of the individually packaged transistors found in a late 1950s radio. (10) **A TYPICAL DIODE LASER** measures a few microns wide by several hundred times bigger than one of its microelectronic counterparts. (11) Although **SUCH A DEVICE** is orders of magnitude smaller than the familiar red helium-neon laser commonly used in supermarket bar-code scanners, it is simply too big to be useful in an optical computer.

(12) Very recently, significant advances have been made in the miniaturization of **DIODE LASERS**. (13) In May 1989, in work that evolved from efforts to construct two-dimensional arrays of optical switches in hopes of eventually building optical computers, we fabricated **MORE THAN ONE MILLION MICROLASERS, OR MICRON-SIZE LASERS**, on a single semiconductor chip about seven millimeters wide by eight millimeters long. (14) **THE MICROLASERS** were proposed by one of us (Jewell) and Sam McCall of AT&T Bell Laboratories. (15) **THEY** were created at Bell Communications Research (Bellcore) by the other two of us and Leigh Florez. (16) **THE DEVICES range in size from to five microns.**

(17) **SUCH A SCALE** is already two orders of magnitude smaller than that of conventional diode lasers. (18) With additional work, **THE SIZE** can probably be brought down by another order of magnitude. (19) Perhaps most exciting, as the microlaser approaches **ITS PRACTICAL LOWER LIMIT IN SIZE** (probably between one half and one quarter of a micron), it is believed that the quantum mechanical process of light emission can be radically altered in a way that will further enhance the performance of the device.

En estos párrafos del texto se ejemplifican casi todos los mecanismos de recuperación de la información. Así, la expresión «*Millions of lasers just a few millionths of a meter*» es un ejemplo de recuperación del participante un hiperónimo, «*lasers*», integrado en una paráfrasis. La oración 1 se conecta mediante la expresión «*an optical computer*» que puede considerarse anunciada por la expresión «*a host of novel applications in optical communications and information processing*» de la oración anterior, ya que el ordenador óptico es un caso concreto de una aplicación nueva.

Al estudiar la oración 2 nos encontramos que su función es explicar en qué consiste un ordenador óptico. En este caso podemos señalar dos lazos cohesivos y los dos son ejemplos de relaciones metonímicas. En el primer caso de la parte por el todo, ya que los circuitos electrónicos y los interruptores son las partes esenciales del ordenador electrónico que se sustituirían en un ordenador óptico y en el segundo caso de campo léxico, ya que la cualidad de «óptico» supone la utilización o relación con la luz.

La oración 3 absorbe con la expresión «*the idea*» las dos oraciones anteriores. Se trata de un ejemplo de encapsulamiento. En este caso podemos observar como la utilización de un nombre encapsulador permite al autor retomar lo dicho para proceder a su evaluación.

Este ejemplo muestra la función del encapsulamiento en la construcción textual. El encapsulamiento recupera lo ya dicho y de esta forma desempeña una labor fundamental en la construcción del texto, ya que anula esa información encapsulada para romper la secuencialidad textual e integrar esa información secuencial en la organización jerárquica.

Las oraciones 0, 1 y 2 se suman una a una mediante cohesión por entidad relacionada, pero la oración 3 encapsula la 1 y la 2 mediante el nombre encapsulador «*the idea*». Estas tres oraciones son a su vez encapsuladas por la oración 4 mediante la nominalización «*the dream*», acompañada del marcador

«*however*». Así comienza el segundo párrafo que encapsula toda la información del párrafo anterior acudiendo a la oración del comienzo, «*Investigators have long dreamed of building an optical computer*». El valor de esta oración 4 es presentar un problema y este cambio de orientación de la información lo señala el autor mediante el conector «*however*». La oración 5 recupera el problema de la inexistencia de procesadores de señales ópticas bastante pequeños que se había anunciado en la oración 4. Mediante la expresión «*the basic building block of any optical processing or communications system*», se recupera mediante paráfrasis la parte «denotativa» del grupo nominal y con la expresión final «*and to do so, it must be small*», la calificación. Se producen aquí una serie de referencias que Sinclair denominaría «actos deícticos internos». Así, el requisito «*it must be small*» se refiere al componente mediante el pronombre «*it*» y a la cualidad con «*small*», sinónimo de «*tiny*»; la función que debe realizar el componente, «*operate at low power and at high speed*» se recupera en la expresión «*to do so*».

En la oración 6 se recupera una entidad, el transistor, que se había introducido en la oración anterior mediante comparación, «*like its electronic counterpart, the transistor*». Se trata de un caso de repetición, pero podríamos considerarlo un ejemplo de relación metonímica entre una mención genérica en la comparación y otra específica. Ahora se presenta para mostrar un caso del problema ya solucionado, en plural y con un valor específico al estar posmodificado, «*transistors having dimensions smaller than a micron*».

La oración 7 presenta otro ejemplo de encapsulamiento en este caso, de la oración anterior mediante la expresión «*this astonishing feat*». Se trata de encapsulamiento mediante nombre evaluativo, pero el autor insiste en esa evaluación mediante el adjetivo «*astonishing*». El nombre encapsulador «*feat*» recupera y evalúa la información de la oración anterior y al mismo tiempo señala el final del párrafo.

La oración 8 recupera el tópico del que interesa seguir hablando mediante otra relación metonímica. La expresión «*commercial available optical*

technology» incluye al participante de la oración anterior, los dispositivos ópticos. Y la tecnología óptica será el participante que interese en este tercer párrafo, ejemplificada por el diodo laser que se anuncia en la oración 8, «*a device called the semiconductor diode laser*», y que será la entidad protagonista de todas las oraciones de este párrafo. En la oración 9 se recupera mediante repetición con valor genérico, «*the diode laser*». En la oración 10 vuelve a mencionarse con valor específico «*a typical diode laser*». En la 11, se recupera mediante un hiperónimo y por último en la 12 se produce otra vez repetición con valor genérico «*diode lasers*». Esta última oración comienza el párrafo y anuncia mediante otro nombre evaluativo, «*advances*», el tópico de este párrafo y se menciona como ejemplo de avance importante la fabricación de «*more than one million microlasers or micron-size lasers*». Este participante será el hilo conductor de todas las oraciones del nuevo párrafo recuperándose mediante tres mecanismos diferentes: la repetición de la misma expresión, «*The microlasers*» en la oración 14, su sustitución mediante el pronombre «*They*» en la oración 15 y mediante hiperónimo, «*the devices*», en la última oración del párrafo.

Las oraciones 8 y 12 de comienzo de párrafo funcionan como conexiones con la información anterior, pero a la vez, y esto es lo importante en este caso, actúan como anuncio de lo que se va a decir después. Así, tanto la oración 8 como la 12 anuncian el tópico del nuevo párrafo.

El último párrafo aquí presentado recupera mediante encapsulamiento la información de la oración anterior. Las tres oraciones de este último párrafo serán una gradación en los progresos realizados y el avance más importante se presenta en la oración 19 mediante ese anuncio inicial con adverbio y superlativo «*Perhaps most exciting*».

9.2. LOS MECANISMOS DE COHESIÓN EN INGLÉS Y EN ESPAÑOL

Los textos analizados permiten concluir que como mecanismo de construcción del texto, la cohesión actúa como procedimiento de relación oracional en las dos lenguas, inglés y español. La clasificación de los mecanismos de cohesión que enlazan las oraciones de los textos en inglés y en español permite afirmar que los mecanismos de cohesión posibles en ambas lenguas son en líneas generales los mismos.

Las diferencias halladas pueden ser de dos tipos. En primer lugar, se encuentran tendencias diferentes como consecuencia del sistema gramatical propio de cada lengua: en concreto, en el uso del pronombre tanto en la recuperación de entidades como en encapsulamientos y la omisión igualmente, tanto en el caso de entidades tácitas como en encapsulamiento. En segundo lugar, se observan diferencias en cuanto a la preferencia por un mecanismo determinado: en este sentido destaca el predominio en los textos en español de los mecanismos de cohesión en el plano de la intención.

El estudio contrastivo de los textos descubre las siguientes tendencias:

- En el plano del contenido, la recuperación de una entidad mediante la misma expresión, hiperónimo, sinónimo o posesivo presenta características muy similares en inglés y en español.
- En el caso de pronombres que recuperan una entidad previamente mencionada, en los textos en inglés, la recuperación se hace mediante pronombres personales de tercera persona, habitualmente en función de sujeto. La entidad a la que el pronombre se refiere desempeña también la función de sujeto en su oración y ambos, pronombre y entidad recuperada, aparecen en sus respectivas oraciones en posición temática.

- En los textos en español, en cambio, son escasísimos los pronombres personales de tercera persona en función de sujeto y lo normal es que formen parte de grupos preposicionales o sean pronombres complemento. Los pronombre sujeto que recuperan entidades previamente mencionadas son demostrativos. Además el pronombre recupera la entidad mencionada en posición final, en el rema de la oración anterior.
- En cuanto a la omisión de entidades, en español son posibles las omisiones señaladas gramaticalmente. Las características gramaticales del español permiten ofrecer cierta información sobre esa entidad que se omite, en concreto, en el caso de los verbos, el número, y en el caso de los adjetivos, también el género. Este tipo de omisión no se registra en los textos ingleses analizados.
- El funcionamiento de la cohesión en inglés y en español muestra una diferencia esencial. En inglés predominan las relaciones oracionales en el plano del contenido y en español, en el plano interactivo. En inglés la relación entre las oraciones se establece esencialmente por la presencia de una entidad coincidente o una entidad relacionada. En español, en cambio, predominan las relaciones en el plano interactivo mediante encapsulamiento y anuncio.
- El predominio del encapsulamiento en los textos españoles es evidente. Además de los nombres encapsuladores, se pueden encontrar una serie de adjetivos sustantivados cuya función es recuperar un fragmento de texto previo. También son más frecuentes los casos de encapsulamiento mediante pronombre que además presenta una mayor variedad de formas, ya que en los textos en inglés, la recuperación textual mediante pronombre emplea «*this*» en

casi todos los casos. En español, actúan como pronombres encapsuladores todos los pronombres neutros, pero además es posible encontrar encapsulamientos mediante pronombres que no son neutros cuando van acompañados de un nombre de referencia textual con el que conciertan en género y número. La preferencia por el encapsulamiento pronominal en español se manifiesta también en el uso frecuente de «por esto» o «por ello» para indicar relaciones de causa y consecuencia. También es más frecuente en español el encapsulamiento mediante adverbio, del que se encuentran varios ejemplos en todos los textos españoles. En el caso de los encapsulamientos tácitos, los textos en español presentan la posibilidad de omitir sujetos encapsuladores en oraciones atributivas cuyo atributo es un nombre encapsulador, o con determinados verbos que expresan no sólo acciones sino también circunstancias y cualidades.

- El único procedimiento de encapsulamiento que es más frecuente en los textos en inglés frente a los españoles es la nominalización y con ello se confirma la preferencia de los textos en inglés por la cohesión en el plano del contenido. La nominalización es el tipo de encapsulamiento que menos se aleja de lo dicho previamente, ya que recupera el proceso verbal anterior y sólo desaparecen las entidades implicadas. Los mecanismos de encapsulamiento restantes se alejan más de la realización lingüística de la oración anterior.
- En cuanto a los mecanismos de anuncio, también se observa una presencia mayor en los textos en español, especialmente en el caso de adjetivos y oraciones de relativo sustantivadas y en el uso del imperativo. Las llamadas directas al lector mediante imperativo son más frecuentes en los textos en español.
- Como prueba del derroche de mecanismos de cohesión en el plano

interactivo de los textos españoles presento el ejemplo siguiente, en el que encontramos todas las oraciones relacionadas en ambos planos, ya que además de la cohesión por entidades, las oraciones se relacionan también mediante encapsulamiento⁽⁴²³⁾:

Ejemplo 318 (Anexo 9)

(24) ENTONCES se obtuvieron ya MICROAGREGADOS DE ORO, PLATA Y OTROS METALES EN AIRE a una presión de 1 torr. (25) (ESTA UNIDAD DE PRESIÓN, que indica la que soportaría un milímetro de mercurio, equivale a 133, 322 newton por metro cuadrado.) (26) El aspecto brillante usual, metálico, se pierde EN ESTAS CONDICIONES; (27) los microagregados presentan, PUES, UN ASPECTO MUY OSCURO. (28) Débese ESE FENÓMENO a la absorción resonante de radiación en el rango visible del espectro, para el cual las longitudes de onda son mayores que los diámetros de LOS MICROAGREGADOS. (29) POR DICHA RAZÓN, las superficies cubiertas con ESTE TIPO DE MICROAGREGADOS pueden emplearse como absorbentes efectivos en las aplicaciones de conversión fototérmica de la energía solar; por ejemplo, en los paneles.

En este ejemplo tan sólo la oración 25 no registra encapsulamiento. El resto de las oraciones presentan distintos tipos: mediante adverbio en la oración 24, «entonces»; mediante nombre en la oración 26, «en estas condiciones»; combinado con anuncio gracias al conector «pues», en la oración 27; de nuevo mediante nombre «ese fenómeno», en la 28, y en la 29, «por dicha razón». La recuperación de estos encapsulamientos exige cierta interpretación por parte del lector. Así hemos de suponer que «en estas condiciones» (O. 26) alude a las mencionadas en la oración 24, «en aire a una presión de 1 torr». De igual forma, la expresión «ese fenómeno» recupera de nuevo toda la información dada hasta entonces (O. 24, 25 y 26) para

(423) En mayúsculas se señalan los puntos de cohesión por el contenido y los encapsulamientos. Cuando se trata de anuncio con encapsulamiento aparece en mayúsculas y subrayado.

explicar la causa de que los microagregados pierdan su brillo a esa presión.

- Los textos en inglés, en cambio, son más sobrios en la utilización de los recursos de cohesión en el plano interactivo. Las oraciones se enlazan simplemente en el plano del contenido y el encapsulamiento y el anuncio sólo están presentes cuando son estrictamente necesarios para señalar la intención del autor, como vemos en este párrafo⁽⁴²⁴⁾:

Ejemplo 319 (Anexo 2)

*(15) The potential importance of **clusters** was recognized long before they could be prepared in the laboratory. (16) Perhaps the earliest reference to **CLUSTERS** was made in 1661 by the English chemist Roberto Boyle, in his Sceptical Chymist, which speaks of «minute masses or clusters [that] were not easily dissipable into such particles as composed them.» (17) Because of their microscopic size and extreme chemical reactivity, **CLUSTERS** could not be investigated with the techniques of traditional surface chemistry or even synthesized in the laboratory, until the 1950's. (18) IN THESE EARLY EFFORTS, an oven was used to vaporize a metal, which was then precipitated as **clusters** on a substrate. (19) ALKALI METALS SUCH AS SODIUM AND POTASSIUM were tried first, at about 1,000 degrees Celsius; (20) METALS WITH HIGHER MELTING AND VAPORIZING POINTS were studied later. (21) BUT THE METALS WITH THE HIGHER TRANSITION TEMPERATURES could usually be made in **clusters** of only three to five atoms. (22) THIS made it impossible to determine how many atoms were required for the emergence of properties more like a solid and less like a **cluster**.*

En este fragmento, las oraciones 15, 16 y 17 se relacionan en el plano del contenido por recuperación de la entidad previamente mencionada, «clusters». La oración 18 encapsula la 17 mediante la

(424) Como en el caso anterior, en mayúsculas se señalan los lazos de cohesión por el contenido y los encapsulamientos. Cuando se trata de anuncio con encapsulamiento aparece en mayúsculas y subrayado. La negrita corresponde a las repeticiones.

expresión «In these early efforts» (O. 18) que recupera la información «clusters could not be investigated with the techniques of traditional surface chemistry or even synthesized in the laboratory, until the 1950's». Las oraciones 18, 19 y 20 se conectan en el plano del contenido por la presencia de entidades relacionadas. La oración 21 presenta un anuncio mediante conector que encapsula la oración anterior para señalar el tono diferente. La oración 22 encapsula a su vez esta oración 21 mediante el pronombre «this» y presenta un problema existente todavía a pesar de que los microagregados se estudian ya en el laboratorio, «*to determine how many atoms were required for ...*».

- En cuanto a la repetición, los textos analizados muestran que en esta variedad de texto científico-técnico, la repetición de la entidad de la que se habla, el «tópico del discurso», es habitual tanto en inglés como en español. Sin embargo, en los textos españoles esa repetición se diluye, dado el mayor número de palabras y la mayor longitud de las oraciones, como podemos observar si contrastamos el texto anterior inglés con el ejemplo que presento a continuación de un texto en español. El número de repeticiones de la palabra «clusters» en el texto inglés y de la palabra «ondas» en el español son comparables. «Clusters» tan sólo no aparece en las oraciones 19, 20 y 22, el mismo número en el que no está presente «ondas», las oraciones 183, 185 y 187:

Ejemplo 320 (Anexo 10)

(179) Uno de los primeros problemas que cualquier físico tratará de entender en cualquiera de estos campos es el de LA COLISIÓN DE ONDAS.

(180) Podemos obtener una idea sencilla de UNA COLISIÓN DE

ONDAS pensando en lo que ocurre cuando lanzamos dos piedras a un lago, y en cómo las olas -ondas de agua- que estas piedras generan chocan e interfieren constructiva o destructivamente. (181) En general, LOS CASOS DE COLISIÓN estudiados en física son lineales - o sea, obedecen el llamado principio de superposición - y la **onda** resultante no es más que la simple suma de las **ondas** iniciales. (182) ASÍ, POR EJEMPLO, si la cresta de UNA **ONDA** coincide en un punto con la cresta de la otra **onda**, el resultado será una cresta de altura la suma de las alturas de cada una de las crestas iniciales y lo mismo ocurre en un punto con dos valles. (183) POR EL CONTRARIO, si UNA CRESTA coincide con un valle, ambos de igual magnitud, el resultado es la anulación de la **onda**.

(183) La situación en RG es bastante **DISTINTA**. (184) La interacción de **ONDAS GRAVITATORIAS** es no lineal. (185) El resultado producido en SU colisión difiere, POR TANTO, del ANTEDICHO y resulta inesperado. (186) Las primeras soluciones obtenidas que describían COLISIÓN DE **ONDAS PLANAS GRAVITATORIAS** fueron presentadas por Khan y Penrose e, independientemente, por Szekeres en los primeros años de la década de los setenta. (187) EL RESULTADO era la aparición, un tiempo finito después del primer instante de colisión, de una singularidad espacio-temporal que provocaba la catastrófica desaparición del espacio-tiempo.

- El fenómeno que se observa en los textos en español es una mayor repetición de la información dada. En español las oraciones comparten entre sí más información, aunque las entidades implicadas no aparecen en la superficie del texto debido al encapsulamiento y al anuncio. Esto es evidente en las oraciones 183, 184 y 185 de este último ejemplo, que recuperan una y otra vez la misma información para llegar a la conclusión de la 185. Así, «la situación» (O. 183) se refiere al fenómeno de la colisión de ondas y, por ello, «la interacción de ondas gravitatorias» (O. 184) supone la repetición de esa información. Esa misma información se vuelve a repetir en la oración siguiente, antes de llegar a la conclusión, ya que «el resultado producido en su colisión difiere» (O. 185) recupera la misma información dada en la oración 183 cuando el escritor dice «La situación en RG es bastante distinta».

- Esta repetición de la información, consecuencia de la acumulación en los textos en español de mecanismos de cohesión en el plano interactivo, responde al deseo de acercarse al lector y conseguir mejor el efecto deseado. En este sentido, los datos aportados por los textos analizados confirman que es necesario estudiar la labor de los comentarios metadiscursivos. La creencia de que la utilización del denominado «metadiscurso» facilita la interpretación coherente del texto debe someterse a examen. Los textos analizados me permiten afirmar que esto no es así siempre. El metadiscurso sólo resulta apropiado cuando se utiliza en la medida justa. En determinadas ocasiones puede convertirse en un envoltorio de palabras que dificulta el acceso a la información.

- Otra característica en la realización particular de la cohesión que se percibe en los textos analizados es la presencia del fenómeno del «eco verbal», que es, en realidad, una «tendencia a la repetición» distinta a la repetición que acabamos de comentar. Esta tendencia a la repetición se manifiesta de dos formas en los textos. Por una parte, es responsable de la repetición de expresiones que no tienen una función cohesiva inmediata, sino que responden a la presencia en la mente del escritor de esa expresión que acaba de usar. Por otra parte, el eco verbal se manifiesta en la existencia de tendencias de cohesión «preferidas» por un autor. Estas tendencias se manifiestan en la utilización, en mayor o menor medida, de un mecanismo y suelen atribuirse al estilo del autor.

9.3. LA CONTRIBUCIÓN DE LA COHESIÓN A LA COHERENCIA

Este estudio demuestra la importancia de la cohesión en la construcción del texto coherente por parte del escritor y en la percepción de la coherencia por parte del lector.

La relación entre cohesión y coherencia constituye uno de los principales debates de los que han estudiado el tema. Mi posición es que la cohesión oracional es esencial a la hora de percibir la coherencia del texto. Un texto con un uso acertado de los mecanismos de cohesión contribuirá a una percepción más fácil de su coherencia por un número mayor de lectores. Pero al hablar de un uso «acertado» se introduce un matiz subjetivo. El texto debe presentar el grado de cohesión adecuado para que un lector consiga una interpretación coherente. Como los lectores posibles son muchos, existirá siempre un margen de incoherencia.

En mi opinión, una de las razones por las que la cohesión no ha recibido el reconocimiento debido es porque no es estrictamente necesaria para la interpretación del texto. Los conocimientos del lector pueden suplir los fallos de cohesión y lograr la correcta interpretación de un texto incoherente. Por el contrario, un lector con conocimientos inadecuados o insuficientes hallará incoherencia aunque exista cohesión. Esta aparente contradicción se explica porque la coherencia es una valoración subjetiva de la interpretación del texto por el lector en función de la realidad conocida por él. Pero está claro que toda interpretación radica en la información proporcionada por las expresiones lingüísticas del texto. En realidad, las diferentes posibilidades de realización lingüística de la cohesión no son igual de evidentes para todos los lectores y, por ello, la percepción de la coherencia dependerá de cada lector en particular.

Un texto será coherente cuando cumpla dos condiciones: por una parte, la percepción clara de la continuidad informativa, y, por otra, el reconocimiento del valor que el autor concede a esa información. Un lector percibirá un texto como

incoherente en el momento en que no descubra la relación entre una oración y lo dicho antes, bien en el plano del contenido bien en el plano de la intención. En el plano del contenido, la coherencia se percibirá cuando el lector sea capaz de seguir la referencia a esa entidad de la que se habla, el tópico, e identifique las entidades nuevas que se mencionan y el cambio de tópico, cuando éste tiene lugar. En el plano de la intención, la coherencia se apreciará cuando el lector reconozca en esa información el valor que el escritor le ha dado.

Como consecuencia del estudio realizado, puedo señalar como posibles problemas de percepción de la coherencia del texto que tienen relación con el uso de uno u otro procedimiento de cohesión los siguientes:

- En primer lugar, debo mencionar los mecanismos de cohesión relacionados con la percepción de la entidad o tópico del que se habla. Las expresiones lingüísticas empleadas para referirse a una entidad por primera vez deben activar en el lector los conocimientos adecuados de manera que reconozca, en la realidad, esa entidad o entidades que el escritor menciona. En este sentido, la introducción de entidades relacionadas sin indicar su relación planteará seguramente problemas al lector cuyos conocimientos no le permitan reconocer la relación existente entre ellas.
- En segundo lugar, está la dificultad de seguir la referencia de la entidad ya mencionada. En este caso, el uso de hiperónimos, sinónimos y pronombres constituye la principal causa de problemas si el escritor no los ha utilizado con la propiedad debida. En el caso de hiperónimos y sinónimos, es fundamental el uso adecuado de los determinantes. En concreto, el uso del demostrativo indica claramente al lector que esa expresión se refiere a una entidad mencionada en el texto mientras que la presencia del artículo determinado es ambigua, ya que la entidad puede no haberse mencionado antes. El

seguimiento de la entidad referida se ve también dificultado por la presencia de encapsulamientos que hacen desaparecer esa entidad de la superficie del texto.

- Otro de los posibles problemas a la hora de percibir la coherencia son los encapsulamientos y los anuncios cuyo alcance está poco claro. La organización de los encapsulamientos y los anuncios de forma que coincidan con unidades formales del texto, como la oración o el párrafo, contribuirá a una percepción más clara de su alcance.
- En cuarto lugar, en el plano de la intención, la coherencia del texto también se quebranta cuando el escritor emplea una señalización errónea, por ejemplo, un conector equivocado, que no es el que corresponde a la intención en cuestión, o cuando la relación que ese conector señala no existe realmente en el plano del contenido o el lector no la percibe.
- Finalmente, el uso de señales ambiguas, que admiten varias interpretaciones es otro de los posibles problemas. Ya he comentado que los marcadores no tienen un único valor y cuando se emplean en contextos que nos están claros el lector puede elegir una interpretación que no es la que el escritor pretendía. En este sentido, creo importante mencionar que el estudio de los casos de marcadores y conectores hallados en los textos me permite afirmar que los conectores no actúan como creadores de coherencia ni establecen la relación entre las oraciones, simplemente son indicadores del valor que el autor del texto concede al fragmento así señalizado. Puede suceder que el autor los emplee de forma poco adecuada. Por ello, la presencia de conectores no sólo no consigue la coherencia del texto, sino que cuando no están bien utilizados pueden provocar incoherencia.

- El estudio de los mecanismos de cohesión en el plano interactivo me permite afirmar que la idea de que será más fácil percibir la coherencia de aquellos textos que señalan claramente la intención del escritor sólo es así si esa señalización se realiza de forma adecuada. Lo que conduce a una interpretación adecuada del texto, no es simplemente la existencia de señalización, sino su empleo correcto. En este sentido debe haber una coincidencia de pareceres entre lo que escritor y lector consideran que es lo «correcto». Esta noción de correcto estará condicionada por lo que es propio del «género» al que ese texto pertenece y lo que escritores, lectores, correctores o editores opinen. En cualquier caso, un exceso de señalización en el plano de la intención puede contribuir a la menor coherencia del texto o incluso ocultarla tras un envoltorio de palabras. Creo importante mencionar que ha sido el análisis de la cohesión en dos lenguas diferentes lo que me ha permitido descubrir que la utilización de los recursos de la cohesión en el plano interactivo no siempre conduce a la mejor percepción de la coherencia del texto. Más bien, lo que manifiesta es una mayor presencia del escritor en el texto y más argumentación como muestran los textos en español.

Como conclusión, este estudio de la cohesión del lenguaje científico-técnico me permite afirmar que la cohesión resulta esencial para la construcción del texto, ya que permite encadenar las oraciones según la intención del autor. La percepción de la coherencia del texto se basa en las relaciones «semánticas» o «retóricas» que se establecen entre las diferentes oraciones del texto. El reconocimiento de esas relaciones exige la correcta interpretación de las expresiones lingüísticas que enlazan las oraciones entre sí. Los mecanismos de cohesión que crean los puntos de unión entre las oraciones son pues la clave que permite al lector descubrir la coherencia del texto.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ABADI, A. (1986), «Studies on Connexity and Coherence in Israel», en CHAROLLES, M.; PETÖFI, J.S. y SÖZER, E. (eds.), *Research in Text connexity and Text coherence. A Survey, Papers in Textlinguistics*, Vol 53, 1, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 369-397.
- ADAM, J.M. (1987), «Types des séquences textuelles élémentaires», *Pratiques*, Nº 56, págs. 54-80.
- ADAMS-SMITH, D.E. (1987), «Variation in field-related genres», en DUDLEY-EVANS, T. (ed.), *Genre Analysis & ESP, English Language Research*, Vol. 1, Birmingham, The University of Birmingham, págs. 10-32.
- ALBADALEJO MAYORDOMO, T. (1982), «On text linguistic theory», en PETÖFI, J.S. (ed.), *Text versus Sentence*, Vol.2, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 1-15.
- ALCARAZ VARO, E. (1990), *Tres paradigmas de la investigación lingüística*, Alcoy, Marfil.
- ALCARAZ VARO, E. y MARTÍNEZ LINARES, M.A. (1997), *Diccionario de lingüística moderna*, Barcelona, Editorial Ariel.
- ÁLVAREZ, M.:
 - (1993), *Tipos de escrito I: Narración y descripción*, Madrid, Arco/libros, S.L.
 - (1994), *Tipos de escrito II: Exposición y argumentación*, Madrid, Arco/libros, S.L.
- ANSCOMBRE, J.C. y DUCROT, O. (1994), *La argumentación en la lengua*, Versión española de Julia SEVILLA y Marta TORDESILLAS, Madrid, Gredos.
- ARISTÓTELES: *Retórica*, Biblioteca clásica Gredos. Introducción, traducción y notas por Quintín RACIONERO (1990), Madrid, Gredos.

- ATKINSON, D. (1992), «The Evolution of Medical Research Writing from 1735 to 1985: The Case of the Edinburgh Medical Journal», *Applied Linguistics*, Vol. 13, 4, págs. 337-374.
- BAKER, M. (1992), *In Other Words. A Coursebook on Translation*, London and New York, Routledge.
- BALL, W.J. (1986), *Dictionary of Link Words in English Discourse*, London and Basingstoke, Macmillan.
- BARBER, C.L. (1962), «Some measurable characteristics of modern scientific prose», en SWALES, J.M. (1985), *Episodes in ESP*, Oxford, Pergamon Press, págs. 3-14.
- BARRASS, R. (1978), *Scientists must write*, London, Chapman & Hall.
- BARTON, E. L. (1995), «Contrastive and Non-contrastive Connectives. Metadiscourse Functions in Argumentation», *Written Communication*, 219-239.
- BATEMAN, J. y RONDHUIS, K.J. (1994), «Coherence relations: Analysis and Specification», The Dandelion Consortium, GMD-IPSI Darmstadt, *Deliverable R1.1.2, Esprit Basic Research Project 6665*.
- BATEMAN, J. y RONDHUIS, K.J. (1997), «Coherence relations: Towards a General Specification», *Discourse Processes*, Vol. 24, Nº 1, págs. 1-49.
- BAZERMAN, C. (1988), *Shaping Written Knowledge*, Madison, University of Wisconsin Press.
- BAZERMAN, C. y PARADIS, J. (1991), «Introduction», en BAZERMAN, C. y PARADIS, J. (eds.), *Textual dynamics of the Professions: Historical and Contemporary Writing in Professional Communities*, Madison, University of Wisconsin Press, págs. 3-10.
- BEAUGRANDE, R. de (1985), «Text Linguistics in Discourse Studies», en VAN DIJK, T.A. (ed.), *Handbook of discourse Analysis*, Vol. 2: «Dimensions of Discourse», London, Academic Press, págs. 41-70.

BEAUGRANDE, R. de:

- (1993), «"Register" in Discourse Studies», en GHADESSY, M. (ed.), *Register Analysis. Theory and Practice*, London and New York, Pinter publishers, págs. 7-25.
- (1997), *New Foundations for a Science of Text and Discourse: Cognition, Communication, and the Freedom of Access to Knowledge and Society*, Norwood, New Jersey, Ablex Publishing Corporation.

BEAUGRANDE, R. de y DRESSLER, W. (1981), *Introduction to Textlinguistics*, London, Longman.

BELLERT, I. (1970), «On the condition of the coherence of texts», *Semiotica*, 2, págs. 335-363.

BELLO, A. (1981), *Gramática de la lengua castellana destinada al uso de los americanos*, Edición crítica de Ramón Trujillo, Aula de Cultura de Tenerife.

BERKENKOTTER, C. y HUCKIN, T. (1995), *Genre Knowledge in Disciplinary Communication. Cognition/Culture/Power*, Hillsdale (New Jersey), Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

BERNÁRDEZ, E.:

- (1982), *Introducción a la lingüística del texto*, Madrid, Espasa Calpe.
- (1995a), *Teoría y epistemología del texto*, Madrid, Cátedra.
- (1995b), «On the Study of Language with the tools of the Catastrophe Theory», *Atlantis*, XVII, 1-2, págs. 261-291.
- (en prensa), «La Coherencia Textual como Autorregulación en el proceso comunicativo», *Boletín de Filología*. Universidad de Chile.

BERRY, M. (1977a), *An Introduction to Systemic Linguistics, 1: Structures and Systems*, London, Batsford Ltd.

- (1977b), *An Introduction to Systemic Linguistics, 2: Levels and Links*, London, Batsford Ltd.

BHATIA, V.K. (1993), *Analysing Genre: Language Use in Professional Settings*, London, Longman.

BIBER, D.:

- (1986), «Spoken and Written Textual Dimensions in English: Resolving the Contradictory Findings», *Language*, Vol. 62, Nº 2, págs. 384-414.
- (1988), *Variation Across Speech and Writing*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1989), «A typology of English texts», *Linguistics*, 27, págs. 3-43.
- (1994), «An Analytical Framework for Register Studies», en BIBER, D. y FINEGAN, E. (eds.), *Sociolinguistic Perspectives on Register*, Oxford, Oxford University Press, págs. 31-56.

BIBER, D. y FINEGAN, E.:

- (1986), «An initial typology of English text types», en AARTS, J. y MEIJS, W. (eds.), *Corpus Linguistics II: New Studies in the Analysis and Exploitation of Computer Corpora*, Amsterdam, Rodopi, págs. 19-46.
- (1994), «Situating Register in Sociolinguistics», en BIBER, D. y FINEGAN, E. (eds.), *Sociolinguistic Perspectives on Register*, Oxford, Oxford University Press, págs. 3-12.

BLAKEMORE, D.:

- (1988), «The organization of discourse», en NEWMEYER, F.J. (ed.), *Language: The Sociocultural Context*, Cambridge, Cambridge University Press, págs. 229-250.
- (1992), *Understanding Utterances: An Introduction to Pragmatics*, Oxford and Cambridge, Blackwell.

BLASS, R.:

- (1985), *Cohesion, coherence and relevance*, University College, London. ms.
- (1990), *Relevance Relations in Discourse. A Study with Special Reference to Sissala*. Cambridge, Cambridge University Press.

BLOOR, M. (1996), «Academic Writing in Computer Science: A comparison of genres», en VENTOLA, E.M. y MAURANEN, A. (eds.), *Academic Writing. Intercultural and Textual Issues*, Amsterdam/Philadelphia, John Benjamins Publishing Company, págs. 59-89.

BOSQUE, I. (1980), *Sobre la negación*, Madrid, Cátedra.

- BRITTON, B.K. y BLADE, J.B. (eds.) (1985), *Understanding Expository Text. A Theoretical and Practical Handbook for Analyzing Explanatory Text*, Hillsdale, N.J., Erlbaum.
- BRIZ, A. (1993), «Los conectores pragmáticos en la conversación coloquial (II), su papel metadiscursivo», *Español Actual*, 59, págs. 39-56, Madrid, Arco/libros, S.L.
- BROGAN, J.A. (1973), *Clear Technical Writing*, McGraw-Hill Book Company.
- BROWN, G. y YULE, G.:
- (1983), *Discourse Analysis*, Cambridge, Cambridge University Press.
 - (1983), *Análisis del discurso*, Traducción de Silvia Iglesias Recuero, Madrid, Visor libros.
- BRUCE, N.J. (1983), «Rhetorical constraints on information structure in medical research report writing», Paper presented at the *ESP in the Arab World Conference*, University of Aston, UK, August.
- BUTLER, C.S. (1985), *Systemic Linguistics. Theory and Applications*, London, Batsford.
- CASADO VELARDE, M.:
- (1991), «Los operadores discursivos *es decir*, *esto es*, *o sea* y *a saber* en español actual: valores de lengua y funciones textuales», *Lingüística Española Actual*, XIII/1, págs. 87-116.
 - (1993), *Introducción a la gramática del texto del español*, Madrid, Arco/Libros. S.L.
 - (1998), «Lingüística del texto y marcadores del discurso», en MARTÍN ZORRAQUINO, M^a.A. y MONTOLÍO DURÁN, E. (Coords.), *Los marcadores del discurso. Teoría y análisis*, Madrid, Arco/Libros. S.L. págs.55-70.
- CASSANY, D. (1995), *La cocina de la escritura*, Barcelona, Anagrama.
- CHAFE, W.L. (1976), «Givenness, contrastiveness, definiteness, subjects, topics and point of view», en LI, C. (ed.), *Subject and topic*, New York, Academic, págs. 27-55.

CHAFE, W.L. (1979), «The Flow of Thought and the Flow of Language», en GIVÓN, T. (ed.), *Syntax and Semantics*, Vol. 12, «Discourse and Syntax», San Diego, Academic Press, págs. 159-181.

CHAROLLES, M.:

- (1982), «Strategies for Judging Acceptability», en PETÖFI, J.S. (ed.), *Text versus Sentence*, Vol. 2, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 58-75.
- (1983a), «Towards a heuristic approach to text-coherence problems», en NEUBAUER, F., (ed.), «Coherence in Natural Language Texts», *Papiere zur Textlinguistik*, Vol. 38, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 1-16.
- (1983b), «Coherence as a principle in the interpretation of discourse», *Text*, 3, 1, págs. 71-97.
- (1985), «Text Connexity, Text Coherence and Text Interpretation», en SÖZER, E. (ed.), «Text Connexity, Text Coherence. Aspects, Methods, Results», *Papers in Text linguistics*, Vol. 49, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 1-15.
- (1986), «Le probleme de la cohérence dans les études françaises sur le discours durant la période 1965-1975», en CHAROLLES, M.; PET  FI, J.S. y S  ZER, E. (eds.); «Research in Text connexity and Text coherence. A Survey», *Papers in Textlinguistics*, Vol. 53, 1, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 3-60.
- (1989), «Text Coherence and Text Interpretation Processing», en CONTE, M.E.; PET  FI, J.S. y SÖZER, E. (eds.), *Text and Discourse Connectedness*, Amsterdam, John Benjamins, págs. 377-386.

COLLINS (1991), *Collins English Dictionary*, Harper Collins publishers, Third Edition.

CONNOR, U. y FARMER, M. (1990), «The teaching of topical structure analysis as a revision strategy for ESL writers», en KROLL, B. (ed.), *Second Language Writing. Research insights for the classroom*, Cambridge University Press, págs. 126-139.

CONNOR, U. y KAPLAN, R.B. (eds.) (1987), *Writing Across Languages: Analysis of L2 Text*, Reading (Mass.), Addison-Wesley Publishing Company.

CONTE, M.E. (1988), *Condizioni di coerenza. Ricerche di linguistica testuale*, Firenze la Nuova, Italia.

- CONTE, M.E. (1996), «Anaphoric Encapsulation», en MULDER, W. de y TASMOWSKI, L. (eds.), «Coherence & Anaphora», *Belgian Journal of Linguistics*, 10, págs. 1-10.
- COOPER, A. (1988), «Given-New: Enhancing coherence through cohesiveness», *Written Communication*, 5, págs. 352-367.
- COOPER, B.M. (1964), *Writing Technical Reports*, Penguin Books.
- CORNISH, F. (1996), «Coherence: The lifeblood of anaphora», en MULDER, W. de y TASMOWSKI, L. (eds.), «Coherence & Anaphora», *Belgian Journal of Linguistics*, 10, págs. 37-54.
- COROMINAS, J. y PASCUAL, J.A. (1989), *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*, Madrid, Editorial Gredos.
- CORTÉS RODRÍGUEZ, L.:
- (1991), *Sobre conectores, expletivos y muletillas en el español hablado*, Málaga, Editorial Librería Ágora.
 - (1994), *Tendencias actuales en el estudio del español hablado*, Almería, Servicio de publicaciones de la Universidad de Almería.
- COSERIU, E. (1973), *Teoría del lenguaje y lingüística general*, Madrid, Ed. Gredos, Tercera edición.
- COUTURE, B. (1986), «Bridging Epistemologies and Methodologies in Written Language Function», en COUTURE, B. (ed.), *Functional Approaches to Writing. Research Perspectives*, London, Francis Pinter, págs. 1-10.
- CRISMORE, A. y FARNSWORTH, R. (1990), «Metadiscourse in Popular and Professional Science Discourse», en NASH, W. (ed.), *The Writing Scholar. Studies in Academic Discourse*, Vol. 3, Sage Publications.
- CRISMORE, A.; MARKKANEN, R. y STEFFENSEN, M.S. (1993), «Metadiscourse in Persuasive Writing. A Study of Texts Written by American and Finnish University Students», *Written Communication*, Vol. 10, Nº 1, págs. 39-71.

CROOKES, G. (1986), «Towards a Validated Analysis of Scientific Text Structure», *Applied Linguistics*, 7, 1, págs. 57-70.

CROMBIE, W. (1985), *Process and Relations in discourse and Language Learning*, Oxford, Oxford University Press.

CRYSTAL, D. y DAVY, D. (1969), *Investigating English Style*, London, Longman.

DIJK, T.A. van:

- (1977), *Text and Context. Exploration in the Semantics and pragmatics of Discourse*, London, Longman.
- (1983), *La ciencia del texto*, Barcelona-Buenos Aires, Ediciones Paidós.
- (ed.) (1985), *Handbook of discourse Analysis*, Vol. 2: «Dimensions of Discourse», London, Academic Press, págs. 41-70.
- (1988), *Texto y contexto. Semántica y pragmática del discurso*, Madrid, Cátedra, Tercera edición.

DOWNING, A.:

- (1982), «Un tipo de relaciones sintagmáticas en inglés», *Filología Moderna*, Editorial Universidad Complutense, núms. 74-76, págs. 241-259.
- (1990), «Sobre el tema tópico en inglés», *Revista Española de Lingüística Aplicada*, Anejo 1, págs. 119-128.
- (1991a), «La "metáfora gramatical" de M.A.K. Halliday y su motivación funcional en el texto», *Revista Española de Lingüística*, año 21, Fasc. 1, págs. 109-123.
- (1991b), «An Alternative approach to theme: A systemic-functional perspective», *Word*, 42/2, págs. 119-143.
- (1997), «Encapsulating Discourse Topics», *Estudios Ingleses de la Universidad Complutense*, Nº 5, Universidad Complutense, Madrid, Servicio de Publicaciones, págs. 147-168.

DOWNING, A. y LOCKE, P. (1992), *A University Course in English Grammar*, New York, Prentice Hall.

DUDLEY-EVANS, T. (1987), «Introduction to Genre Analysis & ESP» en DUDLEY-EVANS, T. (ed.), *Genre Analysis & ESP. English Language Research*, Birmingham, University of Birmingham, págs. 1-9.

DUDLEY-EVANS, T.:

- (1988), «An Outline of the Value of Genre Analysis in LSP Work», en LAUREN, C. y NORDMAN, M. (eds.), *Special Language: From Humans Thinking to Thinking Machines*, Clevedon, Philadelphia, Multilingual Matters, págs. 72-79.
- (1989), «Genre Analysis: an investigation of the introduction and discussion sections of MSc dissertations», en COULTHARD, M. (ed.), *Talking about text. English Language Research*, Birmingham, University of Birmingham, págs. 128-145.
- (1994), «Genre Analysis: an approach to text analysis for ESP», en COULTHARD, M. (ed.), *Advances in Written Text Analysis*, London, New York, Routledge, págs. 219-228.

DURANTI, A. y GOODWIN, C. (eds.) (1992), *Rethinking Context: Language as an Interactive Phenomenon*, Cambridge, Cambridge University Press.

DURIEUX, C. (1991), «La finalité: Critere de taxonomie des traductions», en *CONTRASTES, Typologies des traductions*, N° A, 10, Octubre, págs. 39-52, Nice, Z'editions.

EGGINS, S. (1994), *An Introduction to Systemic Functional Linguistics*, London and New York, Pinter Publishers.

EGGINS, S.; WIGNELL, P. y MARTIN, J.R. (1993), «The discourse of history: distancing the recoverable past», en GHADESSY, M. (ed.), *Register Analysis. Theory and Practice*. London and New York, Pinter Publishers, págs. 75-109.

EILER, M.A (1986), «Thematic distribution as a heuristic for written discourse function», en COUTURE, B. (ed.), *Functional Approaches to Writing. Research Perspectives*, London, Francis Pinter, págs. 49-68.

EL-SHIYAB, S. (1997), «Lexical Cohesion with reference to the identity chain: Application of (IC), to different types of Arabic texts», *IRAL*, XXXV/, págs. 211-223.

EMMOTT, C. (1992), «Splitting the referent: an introduction to narrative enactors», en DAVIES, M. y RAVELLI, L. (eds.), *Advances in Systemic Linguistics*, London and New York, Pinter Publishers, págs. 221-228.

ENKVIST, N.E.:

- (1978), «Coherence, pseudo-coherence and non-coherence», en ÖSTMAN, J.O (ed.), *Cohesion and Semantics*, Abo, Publications of the Research Institute of The Abo Akademi Foundation, N° 41, págs. 131-143.
- (1985), «Introduction: Coherence, Composition and Text linguistics», en ENKVIST, N.E. (ed.), *Coherence and Composition. A Symposium*, Abo. Publications of the Research Institute of The Abo Akademi Foundation, págs. 11-25.

ESCANDELL VIDAL, M^a.V. (1993), *Introducción a la Pragmática*, Barcelona, Anthropos.

EWER, J.R. y HUGHES-DAVIES, G. (1971), «Further Notes on Developing an English Programme for Students of Science and Technology», en SWALES, J. (ed) (1985), *Episodes in ESP*, London, Longman, págs. 47-55.

EWER, J.R. y LATORRE, G. (1969), *A Course in Basic Scientific English*, London, Longman.

FAHNESTOCK, J. y SECOR, M. (1990), *A Rhetoric of Argument*, 2nd Edition, New York, McGraw-Hill.

FAWCETT, R.P. (1988), «The English Personal Pronouns: An Exercise in linguistic theory», en BENSON, J.D.; CUMMINGS, M.J. y GREAVES, W.S. (eds.), *Current Issues in Linguistic Theory. Linguistics in a Systemic Perspective*, Amsterdam, John Benjamins Publishing Company, págs. 185-220.

FERNÁNDEZ RAMÍREZ, S.:

- (1986), *Gramática española. 4. El verbo y la oración*, volumen ordenado y completado por Ignacio Bosque, Madrid, Arco/Libros, S.A., 2ª Edición.
- (1987), *Gramática española. 3.2. El pronombre*, volumen preparado por José Polo, Madrid, Arco/Libros, S.A., 2ª Edición.

FIRBAS, J.:

- (1992a), «On some basic problems of Functional Sentence Perspective», en DAVIES, M. y RAVELLI, L. (eds.), *Advances in Systemic Linguistics*, London and New York, Pinter Publishers, págs. 167-188.
- (1992b), *Functional sentence perspective in written and spoken communication*, Cambridge, Cambridge University Press.

FOX, B.A. (1987), *Discourse Structure and Anaphora*, Cambridge, Cambridge University Press.

FRANCIS, G. (1994), «Labelling discourse: an aspect of nominal-group lexical cohesion», en COULTHARD, M. (ed.), *Advances in Written Text Analysis*, London and New York, Routledge, págs. 83-101.

FRIES, P.H.:

- (1981), «On the status of theme in English: arguments from discourse», *Forum Linguisticum*, 6.1: 1-38. Publicado también en PETÖFI, J.S. y SOZES, E. (eds.) (1983), *Micro and Macro Connexity of Texts*, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 116-152.
- (1995), «A Personal View of Theme», en GHADESSY, M. (ed.) *Thematic Development in English Texts*, London and New York, Pinter publishers, págs. 1-19.

FUENTES RODRÍGUEZ, C. (1987), *Enlaces Extraoracionales*, Sevilla, Alfar.

GALLARDO, S. (1997), «Funciones del conector adversativo en la interacción comunicativa entre periodista científico y lector», *LEA*, XIX, págs. 173-184.

GARCÍA YEBRA, V. (1982), *Teoría y práctica de la traducción*, Madrid, Ed. Gredos.

GARRIDO, J. (1993), «Operadores epistémicos y conectores textuales», en HAVERKATE, H. et alii.: «Aproximaciones pragmalingüísticas al español», *Diálogos Hispánicos*, Nº 12, Amsterdam, Rodopi, págs. 5-50.

GIBSON, T.R. (1993), «Towards a Discourse theory of Abstracts and Abstracting», 2 vols., *Monographs in Systemic Linguistics*, 5, Nottingham, University of Nottingham, Department of English Studies.

GIGLIOLI, P.P. (ed.) (1972), *Language and Social Context*, Harmondsworth (England), Penguin Books.

GILI GAYA, S. (1961), *Curso Superior de Sintaxis Española*, Barcelona, Bibliograf, (undécima edición, 1973).

GIORA, R.:

- (1983), «Segmentation and Segment Cohesion: On the Thematic Organization of Text», *Text*, Vol. 3 (2), págs. 155-181.
- (1985), «What's a coherent text», en SÖZER, E. (ed.), «Text Connexity, Text Coherence. Aspects, Methods, Results», *Papers in Text Linguistics*, Vol. 49, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 16-35.

GIVÓN, T.:

- (1983), «Topic Continuity in Spoken English», en GIVÓN, T. (ed.), *Topic Continuity in Discourse: A Quantitative Cross-Language Study*, Amsterdam, John Benjamins, págs. 5-41.
- (1989), *Mind, Code and Context: Essays in Pragmatics*, Hillsdale, New Jersey, Erlbaum.

GONZÁLEZ GARCÍA, L. (1997), *El adverbio en español*, Universidade da Coruña, Servicio de Publicaciones.

GOPNIK, M. (1972), *Linguistic Structures in Scientific Text*, The Hague, Mouton.

GOSDEN, H. (1993), «Discourse Functions of Subject in Scientific Research Articles», *Applied Linguistics*, 14/1, págs. 56-75.

GOUTSOS, D. (1996), «A model of sequential relations in expository text», *Text*, 16/4, págs. 501-533.

GRABE, W. (1987), «Contrastive Rhetoric and Text-Type Research», en CONNOR y KAPLAN, (eds.), *Writing Across Languages: Analysis of L₂ Text*, Reading, Mass., Addison Wesley Publishing Company, págs. 115-137.

GRAESSER, A.C.; GERNSBACHER, M.A. y GOLDMAN, S.R. (1997), «Cognition», en Dijk, T.A. van (ed), *Discourse as Structure and Process*, London, Sage Publications Ltd., págs. 292-319.

GREEN, G.M. (1996), *Pragmatics and Natural Language Understanding*, Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Second Edition.

- GREGORY, M. (1988), «Generic Situation and Register: A Functional View of Communication», en BENSON, J.D.; CUMMINGS, M.J. y GREAVES, W.S. (eds.), *Current Issues in Linguistic Theory. Linguistics in a Systemic Perspective*, Amsterdam, John Benjamins Publishing Company, págs. 301-329.
- GREGORY, M. y CARROLL, S. (1978), *Language and Situation: Language Varieties and their Social Contexts*, London, Routledge & Kegan.
- GRICE, H.P. (1975), «Logic and Conversation», en COLE, P. y MORGAN, J.L. (eds.), *Syntax and Semantics*, Vol.3: «Speech Acts», New York, Academic Press, págs. 41-58.
- GRIMES, J.E. (1975), *The Thread of Discourse*, The Hague, Mouton.
- GRISHAM, R. (1991), *Introducción a la lingüística computacional*, Madrid, Visor.
- GUMPERZ, J.J.(1982), *Discourse Strategies*, Cambridge, Cambridge University Press.
- GUMPERZ, J.J.; KALTMAN, H. y O'CONNOR, M.C. (1984), «Cohesion in Spoken and Written Discourse: Ethnic Style and the Transition to Literacy», en TANNEN, D. (ed.), *Coherence in Spoken and Written Discourse*, Norwoord, Ablex, págs.3-41.
- GUNDEL, J.K.; HEDBERG, N. y ZACHARSKI, R. (1993), «Cognitive Status and the form of referring expressions in discourse», *Language*, Vol. 69, Nº 2, págs. 274-303.
- GUTWINSKI, W. (1976), *Cohesion in Literary Texts: A Study of some Grammatical and Lexical Features of English Discourse*, The Hague, Mouton.
- HAAR, L.E.H.M. TER; KORBAYOBÁ, I.; VAN DER VET, P.E. y ANDERNACH, T. (1996), «Use of Domain Knowledge in Resolving Pronominal Anaphora, en MULDER W. de y TASMOWSKI, L. (eds.), «Coherence & Anaphora», *Belgian Journal of Linguistics*, 10, págs. 11-36.
- HALLIDAY, M.A.K. (1970a), «Language Structure and Language Function», en LYONS, J. (ed.), *New Horizons in Linguistics*, Harmondsworth, Penguin Books, págs. 140-165.

HALLIDAY, M.A.K.:

- (1973), *Explorations in the Functions of Language*, London, Edward Arnold.
- (1975), *Learning how to Mean. Explorations in the Development of Language*, London, Edward Arnold.
- (1978), *Language as Social Semiotic: the Social Interpretation of Language and Meaning*, London, Edward Arnold.
- (1985a), «Dimensions of Discourse Analysis: Grammar», en Van Dijk, T.A. (ed.), *Handbook of discourse Analysis, Vol. 2. Dimensions of Discourse*. London, Academic Press, págs. 29-56.
- (1985b), *An Introduction to Functional Grammar*, London, Edward Arnold.
- (1988), «On the Language of Physical Science», en GHADESSY, M. (ed.), *Registers of Written English*, London and New York, Pinter publishers, págs. 162-178.
- (1989), *Spoken and Written Language*, London, Oxford University Press.
- (1993), «Language and the Order of Nature», en HALLIDAY, M.A.K. y MARTIN, J.R.: *Writing Science: literacy and discursive power*, London, The Falmer Press, págs. 106-123.
- (1994), *An Introduction to Functional Grammar*, London, Edward Arnold, Second Edition.

HALLIDAY, M.A.K. y HASAN, R.:

- (1976), *Cohesion in English*, London, Longman.
- (1989), *Language, Context, and Text: Aspects of Language in a Social-Semiotic Perspective*, Oxford, Oxford University Press.

HALLIDAY, M.A.K. y MARTIN, J.R. (1993), *Writing Science: literacy and discursive power*, London, The Falmer Press.

HALLIDAY, M.A.K.; MCINTOSH, A. y STREVEN, P. (1964), *The Linguistics Sciences and Language Teaching*, London, Longmans.

HARTNETT, C.G. (1986), «Static and dynamic cohesion: signals of thinking in writing», en COUTURE, B.: *Functional Approaches to Writing. Research Perspectives*, London, Francis Pinter, págs. 142-153.

HASAN, R. (1978), «Text in the Systemic-Functional Model», en DRESSLER, W.U. (ed.), *Current Trends in Textlinguistics*, Berlin, W. de Gruyter, págs. 228-246.

HASAN, R.:

- (1979), «On the notion of text», en PETÖFI, J.S. (ed.), *Text versus Sentence: Basic questions of text linguistics*, Vol. 1, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 369-390.
- (1989), «The Structure of a Text», en HALLIDAY, M.A.K y HASAN, R.: *Language, Context, and Text: Aspects of Language in a Social-Semiotic Perspective*, Oxford, Oxford University Press, págs. 52-69.
- (1989), «The Texture of a Text», en HALLIDAY, M.A.K y HASAN, R.: *Language, Context, and Text: Aspects of Language in a Social-Semiotic Perspective*, Oxford, Oxford University Press, págs. 70-96.

HERBERT, A.J. (1965), *The Structure of Technical English*, London, Longman.

HINDS, J. (1979), «Organizational Patterns in Discourse», en GIVÓN, T. (ed.), *Syntax and Semantics*, Vol. 12, *Discourse and Syntax*, San Diego, Academic Press, págs. 135-158.

HOBBS, J.R. (1983), «Why is discourse coherent?», en NEUBAUER, F. (ed.), *Coherence in Natural Language Texts. Papiere zur Textlinguistik*, Vol. 38, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 29-70.

HOEY, M.:

- (1983), *On the Surface of Discourse*, London, George Allen & Unwin.
- (1989), «Patterns of Lexis in Text», *Aston LSU Bulletin*, págs. 17 - 25.
- (1991), *Patterns of Lexis in Text*. Oxford, Oxford University Press.
- (1993), «A common signal in discourse: how the word "reason" is used in texts», en SINCLAIR, J.M.; HOEY, M. y FOX, G. (eds.), *Techniques of Description. Spoken and Written Discourse*, London, Routledge, págs. 67-82.

HOFFMANN, L. (1991), «Texts and Text Types in LSP», en SCHRÖEDER, H. (ed.), *Subject-oriented texts. Languages for Special Purposes*, Berlín/New York, Walter de Gruyter, págs. 158-166.

HOLMES, R. (1997), «Genre Analysis and the Social Sciences: An Investigation of the Structure of Research Article Discussion Sections in Three Disciplines», *English for Specific Purposes*, 16, págs. 321-337.

- HOPKINS, A. y DUDLEY-EVANS, T. (1988), «A genre-based investigation of the discussion sections in articles and dissertations», *English for Specific Purposes*, 7, págs. 113-122.
- HORSELLA, M. y SINDERMAN, G. (1992), «Aspects of Scientific Discourse: Conditional Argumentation», *English for Specific Purposes*, Vol. 11, págs. 129-139.
- HUCKIN, T.N. y OLSEN, L.A. (1991), *Technical Writing and Professional Communication for Nonnative Speakers of English*, New York, McGraw-Hill, Inc.
- HUDDLESTON, R.D. (1971), *The Sentence in Written English. A Study based on an Analysis of Scientific Texts*, Cambridge University Press.
- HUDDLESTON, R.D.; HUDSON, R.A.; WINTER, E.O. y HENRICI, A. (1968), «Sentence and Clause in Scientific English», *OSTI Report 5030*, London, University College.
- HURFORD, J.R. y HEASLEY, B. (1983), *Semantics. A coursebook*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HUTCHINSON, T. y WATERS, A. (1987), *English for Specific Purposes. A learning-centred approach*, Cambridge, Cambridge University Press.
- IVANIC, R. (1991), «Nouns in Search of a context: A Study of Nouns with both open- and closed-system characteristics», *IRAL*, Vol. XXIX/2, págs. 93-114.
- JOIA, A. DE y STENTON, A. (1980), *Terms in systemic Linguistics: A Guide to Halliday*, London, Batsford.
- JIN SOON, Ch. (1985), *Linguistic Cohesion in Texts: Theory and Description*, Seoul, Daehan Textbook Printing Co.
- JORDAN, M.P.:
- (1980), «Short-texts to explain Problem-Solution Structures and vice versa», *Instructional Science*, 9, págs. 221-252.
 - (1982), «The Thread of Continuity in Functional Writing», *The Journal of Business Communication*, 19:4, págs. 5-19

JORDAN, M.P.:

- (1985), «Non-thematic Re-Entry: An Introduction to and Extension of the System of Nominal Group Reference/Substitution in Everyday English Use», en BENSON and GREAVES (eds.), *Systemic perspectives on Discourse*, Vol. 2: «Selected applied papers from the 9th International Systemic Workshop», Norwood, New Jersey, Ablex Publishing Company, págs. 322-332.
- (1986), «Close cohesion with *do so*: a linguistic experiment in language function using a multiple-example corpus», en COUTURE, B. (ed), *Functional Approaches to Writing*, London, Frances Pinter, págs. 29-48.
- (1988), «How Can Problem-Solution Structures Help Writers Plan and Write Technical Documents?», en BEARNE, L. y WHITE, P. (eds), *Solving Problems in Technical Writing*, Oxford, Oxford University Press, págs. 3-26.
- (1989), «Some Interparagraph connections in Formal Prose», *Technostyle 8* (1/2), págs. 14-37.

JUCKER, A.H. y ZIR, Y. (eds.) (1998), *Discourse Markers. Description and Theory*, Amsterdam, John Benjamins Publishing Company.

KÄLLGREN, G. (1987), «Caso profundo, superficie del texto y estructura de la información», en BERNÁRDEZ (ed.), *Lingüística del texto*, Madrid, Arco/Libros, S.A, págs. 153-177.

KAPITZA, S.P. (1988), «Issues in the Popularization of Science», *Impact of Science on Society*, 152, págs. 317-326.

KAPLAN, R.B. (1966), «Cultural thought patterns in intercultural education», *Language Learning*, 16, págs. 1-20.

KEULEN, F. (1986), «The Dutch Computer Pilot Project», en AARTS, J. y MEIJS, W. (eds.), *Corpus Linguistics II: New Studies in the Analysis and Exploitation of Computer Corpora*, Amsterdam, Rodopi, págs. 127-161.

KINNEAVY, J.L. (1971), *A Theory of Discourse. The Aims of Discourse*, Englewood cliffs, New Jersey, Prentice-Hall International.

KIRKMAN, J. (1992), *Good Style. Writing for Science and Technology*, London, E & FN Spoon.

KNORR-CETINA, K.D. (1981), *The Manufacture of Knowledge. An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford, Pergamon.

KRESS, G.:

- (ed.) (1976), *Halliday: System and Function in Language*, London, Oxford University Press.
- (1993), «Genre as a Social Process», en COPE, B. y KALANTZIS, M. (eds.), *The Powers of Literacy. A Genre Approach to Teaching Writing*, London, The Falmer Press, págs. 22-37.

KURZON, D. (1988), «The Theme in Text Cohesion», en TOBIN, Y. (ed.), *The Prague School and its legacy in linguistics, literature, semiotics, folklore and the arts*, Amsterdam, Philadelphia, John Benjamin Publishing Company, págs. 155-162.

LANG, M.F. (1990), *Spanish Word Formation. Productive derivational morphology in the modern lexis*, London and New York, Routledge.

LAMIQUIZ, V. (1994), *El enunciado textual. Análisis lingüístico del discurso*, Barcelona, Ariel Lingüística.

LAMIROY, B. y SWIGGERS, P. (1991), «The status of imperatives as discourse signals», en FLEISCHMAN, S. y WAUGH, L.R.: *Discourse, Pragmatics and the Verb. The Evidence from Romance*, London, Routledge, págs. 120-146.

LASCARIDES, A. y OBERLANDER, J. (1993), «Temporal Coherence and Defeasible Knowledge», *Theoretical Linguistics*, 19/1, págs. 1-37.

LAVANDERA, B.R.:

- (1988), «The Study of Language in its socio-cultural context», en NEWMEYER, F.J. (ed.), *Language: The Sociocultural Context*, Cambridge, Cambridge University Press, págs. 1-13.
- (1992), «Argumentatividad y discurso», *Voz y Letra*, III/1, *Revista de Filología*, Málaga, Arco/Libros, S.L, págs. 3-18.

LECKIE-TARRY, H. (1988), «The specification of a text: register, genre and language teaching», en GHADESSY, M. (ed.), *Registers of Written English*, London and New York, Pinter publishers, págs. 26-42.

LECKIE-TARRY, H. y BIRCH, D. (1995), *Language & Context. A Functional Linguistic Theory of Register*, London and New York, Pinter Publishers.

LEECH, G. (1983), *Principles of Pragmatics*, London and New York, Longman.

LEECH, G. y SVARTVIK, J. (1975), *A Communicative Grammar of English*, London, Longman.

LEINFELLNER-RUTPERTSBERGER, E. «(1989), Connexity, Coherence and the Semantic Net», en CONTE, M.E.; PETÖFI, J.S. y SÖZER, E. (eds.), *Text and Discourse Connectedness*, Amsterdam, John Benjamins, págs. 463-481.

LERAT, P. (1997), *Las lenguas especializadas*, Barcelona, Ariel.

LEVINSON, S.C. (1983), *Pragmatics*, Cambridge, Cambridge University Press.

LEVY, D. (1979), «Communicative Goals and Strategies: Between discourse and Syntax», en GIVÓN, T. (ed.), *Syntax and Semantics*, Vol. 12: *Discourse and Syntax*, San Diego, Academic Press, págs. 183-209.

LINDENBERG, A.Ch. (1985), «Cohesion, Coherence Patterns and EFL Essay Evaluation», en ENKVIST, N.E. (ed.), *Coherence and Composition. A Symposium*, Abo, Publications of the Research Institute of The Abo Akademi Foundation, págs. 67-92.

LOHMANN, P. (1988), «Connectedness of texts: A Bibliographical Survey», en PETÖFI, J.S. (ed.), *Text and Discourse Constitution: Empirical Aspects, Theoretical Approaches*, Berlin, New York, Walter de Gruyter, págs. 478-502.

LONGACRE, R.E.:

- (1979), «The Paragraph as a Grammatical Unit», en GIVÓN, T. (ed.), *Syntax and Semantics*, Vol. 12: *Discourse and Syntax*, San Diego, Academic Press, págs. 115-134.
- (1983), «Vertical threads of cohesion in discourse», en NEUBAUER, F. (ed.), «Coherence in Natural Language Texts», *Papiere zur Textlinguistik*, Vol. 38, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 99-113.
- (1983), *The Grammar of Discourse*, London, New York, Plenum Press.

LOZANO, J.; PEÑA-MARÍN, C. y ABRIL, G. (1993), *Análisis del discurso*, Madrid, Cátedra.

LUNDQUIST, L.:

- (1989), «Coherence in Scientific Texts», en Heydrich, W.; NEUBAUER, F.; PETÖFI, J.S. y SÖZER, E. (eds.), *Connexity and Coherence. Analysis of Text and Discourse*, Berlin, Walter de Gruyter, págs. 122-149.
- (1991), «Some Considerations on the Relations between Text Linguistics and the Study of Text for Specific Purposes», en SCHRÖEDER, H. (ed.), *Subject-Oriented Texts: Languages for Special Purposes and Text Theory*, Berlín/New York, Walter de Gruyter, págs. 231-248.

LYONS, J.:

- (1968), *Introduction to Theoretical Linguistics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1977), *Semantics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1980), *Semántica*, Trad. Ramón Cerdá, Barcelona, Ed. Teide, 1ª edición.

MACKAY, R. Y MOUNTFORD, A. (1978), *English for Specific Purposes*, London, Longman.

MAILLOT, J. (1997), *La traducción científica y técnica*, versión española de Julia Sevilla Muñoz, Madrid, Gredos.

MANN, W.C.; MATTHIESSEN C. y THOMPSON, S.A. (1992), «Rhetorical Structure Theory and Text Analysis», en MANN, W.C. y THOMPSON, S.A. (eds.), *Discourse Description. Diverse linguistic analysis of a fund-raising text*, Philadelphia/Amsterdam, John Benjamins, págs. 39-78.

MANN, W.C. y THOMPSON, S.A.:

- (1986), «Relational Propositions in Discourse», *Discourse Processes* 9, (1), págs. 57-90.
- (1988), «Rhetorical Structure Theory: toward a funcional theory of text organization», *Text*, Vol. 8-3, págs. 243-281.
- (eds.) (1992), *Discourse Description. Diverse Linguistic Analysis of a Fund-Raising Text*, Philadelphia/Amsterdam, John Benjamins.

MARINA, J.A.

- (1995), *Ética para náufragos*, Barcelona, Editorial Anagrama.
- (1998), *La selva del lenguaje*, Barcelona, Editorial Anagrama.

MARTIN, J.R.:

- (1981), «Conjunction and Continuity in Tagalog», en HALLIDAY, M.A.K. y MARTIN, J. R. (eds.), *Readings in Systemic Linguistics*, London, Batsford, págs. 310-336.
- (1983), «Conjunction: the logic of English Text», en PETÖFI, J.S. y SOZER, E. (eds.), *Micro and Macro Connexity of Texts*, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 1-72.
- (1989), *Factual Writing: Exploring and Challenging Social Reality*, Oxford University Press.
- (1992), *English Text: System and Structure*, Philadelphia/Amsterdam, John Benjamins Publishing.

MARTÍN ZORRAQUINO, M^a.A. y MONTOLÍO DURÁN, E. (Coords.) (1998), *Los marcadores del discurso. Teoría y análisis*, Madrid, Arco/libros, S.L.

MARTÍNEZ, R. (1997), *Conectando texto. Guía para el uso efectivo de elementos conectores en castellano*, Barcelona, Octaedro.

MATTHIESSEN, Ch. (1993), «Register in the round: diversity in a unified theory of register analysis», en GHADESSY, M. (ed.), *Register Analysis. Theory and Practice*, London and New York, Pinter Publishers, págs. 221-292.

MATTHIESSEN, Ch. y THOMPSON, S.A. (1989), «The Structure of Discourse and Subordination», en HAIMAN y THOMPSON (eds.), *Clause Combining in Grammar and Discourse*, Amsterdam, Benjamins.

MAURANEN, A. (1993), «Theme and Prospection in Written Discourse», en BAKER, M.; FRANCIS, G. y TOGNINI-BONELLI, E. (eds.), *Text and Technology. In Honour of John Sinclair*, Philadelphia/Amsterdam, John Benjamins Publishing, págs. 95-114.

McCARTHY, M. (1994), «It, This and That», en COULTHARD (ed.), *Advances in Written Text Analysis*, London and New York, Routledge, págs. 266-275.

McCLURE, E. y GEVA, E. (1983), «The Development of the Cohesive Use of Adversative Conjunctions in Discourse», *Discourse Processes* 6, (1), págs. 411-432.

- McKENNA, B. (1997), «How Engineers Write: An Empirical Study of Engineering Report Writing», *Applied Linguistics*, 18/2, págs. 189-211.
- MEDEROS MARTÍN, H. (1988), *Procedimientos de cohesión en el español actual*, Santa Cruz de Tenerife, Aula de Cultura de Tenerife.
- MEYER, B.J.F. (1985), «Prose Analysis: Purposes, Procedures, and Problems», en BRITTON, B.K. y BLACK, J.B.: *Understanding Expository Text: A Theoretical and Practical Handbook for Analyzing Explanatory Text*, Hillsdale, New Jersey, Laurence Erlbaum Associates Publishers, págs. 271-313.
- MEYER, P.G. (1987), «The signalling of structure in technical discourse», en MONAGHAM, J. (ed.), *Grammar in the Construction of Texts*, London, Frances Pinter Publishers.
- MIGNOLO, W. (1989), «Semiosis, Coherence and Universes of Meaning», en CONTE, M.E.; PETÖFI, J.S. y SÖZER, E. (eds.), *Text and Discourse Connectedness*, Amsterdam, John Benjamins, págs. 483-505.
- MISCOW FILHO, R. (1992), «Humanistic Education for the Lives of Today's Engineers», *IEEE Communications*, Noviembre, págs. 72-74.
- MOLINER, M. (1982), *Diccionario de Uso del Español*, Madrid, Ed. Gredos.
- MONTOLÍO DURÁN, E. (1998), «La teoría de la relevancia y el estudio de los marcadores discursivos», en MARTÍN ZORRAQUINO, M^a.A. y MONTOLÍO DURÁN, E. (Coords.), *Los marcadores del discurso. Teoría y análisis*, Madrid, Arco/Libros. S.L. págs. 93-119.
- MOSEGAARD HANSEN, M.-B. (1998), *The Functions of Discourse Particles*, Amsterdam/Philadelphia, John Benjamins Publishing Company.
- MULDER, W. de y TASMOWSKI, L. (eds.) (1996), «Coherence & Anaphora», *Belgian Journal of Linguistics*, 10.
- MURRAY, D.E. (1988), «The Context of Oral and Written Language: A Framework for Mode and Medium Switching», *Language in Society*, 17, págs. 351-373.

- MYERS, G. (1991), «Lexical Cohesion and Specialized Knowledge in Science and Popular Science Texts», *Discourse Processes*, 14, págs. 1-26.
- NIDA, E.A. y TABER, C.R. (1969), *The Theory and Practice of Translation*, Leiden, E.J. Brill.
- NUNAN, D. (1993), *Introducing Discourse Analysis*, Harmondsworth, Penguin.
- NÚÑEZ LADEVEZÉ, L. (1993), *Teoría y práctica de la construcción del texto*, Barcelona, Ed. Ariel.
- NWOGU, K.N.:
- (1990), «Discourse variation in Medical Texts: Schema, Theme and Cohesion in Professional and Journalistic Accounts», *Monographs in Systemic Linguistics*, 2. Nottingham, University of Nottingham, Department of English Studies.
 - (1991), «Structure of science popularization: A genre-analysis approach to the schema of popularized medical texts», *English for Specific Purposes*, 10, págs. 111-123.
- NYSTRAND, M.; GREENE, S. y WIEMELT, J. (1993), «Where did composition studies come from? An intellectual History», *Written Communication*, Vol. 10, Nº 3, págs. 267-333.
- OOSTDIJK, N. (1991), *Corpus Linguistics and the automatic analysis of language*, Amsterdam/Atlanta, Rodopi.
- OVERSTEEGEN, L.E. (1997), «On the Pragmatic Nature of Causal Connectives», *Discourse Processes*, 24, 51-85.
- PALTRIDGE, B. (1997), *Genre, frames and writing in research settings*, Amsterdam/Philadelphia, John Benjamins Publishings Company.
- PAPEGAAIJ, B. y SCHUBERT, K. (1988), *Text Coherence in Translation*, Dordrecht, Foris Publications Holland.
- PARSONS, G. (1990), «Cohesion and Coherence: Scientific Texts. A Comparative Study», *Monographs in Systemic Linguistics*, Nottingham, University of Nottingham, Department of English Studies.

- PARSONS, G. (1996), «The Development of the Concept of Cohesive Harmony», en BERRY et al. (eds.), *Meaning and Form: Systemic Functional Interpretations. Meaning and Choice in Language: Studies for Michael Halliday*, Norwood, New Jersey, Ablex Publishing Company, págs. 585-599.
- PERELMAN, Ch. y OLBRECHTS-TYTECA, L. (1989), *Tratado de la argumentación*, Traducción de Julia Sevilla Muñoz, Madrid, Gredos.
- PETÖFI, J.S. y SÖZER, E. (1988), «Static and Dynamic Aspects of Text Constitution», en PETÖFI, J.S. (ed.), *Text and Discourse Constitution: Empirical Aspects, Theoretical Approaches*, Berlin, New York, Walter de Gruyter, págs. 440-477.
- PHELPS, L.W. (1988), *Theory of Composition, Contributions to the Self-Understanding of a Discipline*, New York, Oxford, Oxford University Press.
- PONS BORDERÍA, S. (1994), «La presencia de los enlaces extraoracionales en la tradición gramatical española (I): La clasificación de las conjunciones ilativas y continuativas», *Anuario de Lingüística Hispánica*, X, págs. 331-354.
- PORTOLÉS, J.:
- (1993), «La distinción entre los conectores y otros marcadores del discurso en español», *Verba*, 20, págs. 141-170.
 - (1998), «La teoría de la argumentación en la lengua y los marcadores del discurso», en MARTÍN ZORRAQUINO, M^a.A. y MONTOLÍO DURÁN, E. (Coords.), *Los marcadores del discurso. Teoría y análisis*, Madrid, Arco/Libros, S.L., págs. 72-91.
- PRINCE, E. (1988), «Discourse analysis: a part of the study of linguistic competence», en *Linguistics: The Cambridge Survey*, Cambridge, Cambridge University Press, págs. 164-182.
- PRINCE, E.F. (1981), «Toward a Taxonomy of Given-New Information» en COLE, P. (ed.), *Radical Pragmatics*, Academic Press, N^o 4, págs. 223-255.
- PURVES, A.C. (ed.) (1988), «Writing Across Languages and Cultures. Issues in Contrastive Rhetoric», *Written Communication Annual*, Vol. 2, Newbury Park, Sage Publications.

QUESADA PACHECO, J.A. (1992), «Functions of Repetition in two Western Languages: English and Spanish», *Revista de Filología y Lingüística de la Universidad de Costa Rica*, Vol. XVIII (1), págs. 163-176.

QUIRK, R.; GREENBAUM, S.; LEECH, G. y SVARTVIK, J. (1985), *A Comprehensive Grammar of the English Language*, London and New York, Longman.

RAVELLI, L.J. (1988), «Grammatical Metaphor: an initial analysis», en STEINER, H.H. y VELTMAN, R. (eds.), *Pragmatics, Discourse and Text*, Londres and New York, Pinter Publishers, págs. 133-147.

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES (1990), *Vocabulario Científico y Técnico*, Madrid, Espasa Calpe.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA:

- (1973), *Esbozo de una nueva gramática de la lengua española*, Madrid, Espasa-Calpe.
- (1984), *Diccionario de la lengua española*. Madrid, Espasa Calpe, 20ª ed.

RENKEMA, J. (1993), *Discourse Studies. An Introductory Textbook*, Amsterdam, Philadelphia, John Benjamins Publishing Co.

REYES, G. (1990), *La Pragmática Lingüística. El estudio del uso del lenguaje*, Barcelona, Montesinos.

RIEGER, B. (1989), «Relevance of meaning, Semantic disposition, and Text coherence. Modelling Reader Expectations from Natural Language Discourse», en CONTE, M.E.; PETŐFI, J.S. y SÖZER, E. (eds.), *Text and Discourse Connectedness*, Amsterdam, John Benjamins, págs. 153-173.

ROUCHOTA, V.:

- (1998a), «Connectives, Coherence and Relevance», en ROUCHOTA (ed.), *Current Issues in Relevance Theory*, Amsterdam/Philadelphia, John Benjamins Publishing Company, págs. 11-57.
- (1998b), «Procedural Meaning and Parenthetical Discourse», en JUCKER, A.H. y ZIV, Y. (eds.), *Discourse Markers. Description and Theory*, Amsterdam, John Benjamins Publishing Company, págs. 97-126.

SALAGER-MEYER, F.:

- (1984), «Compound nominal phrases in scientific-technical literature: proportion and rationale», en PUGH y ULIJN (eds.); *Reading for Professional Purposes*, London, Heinemann, págs. 136-145.
- (1990), «Discoursal flaws in Medical English abstracts: A genre analysis per research- and text-type», *Text*, 10/4, págs. 365-384.
- (1992), «A Text-type and Move Analysis Study of Verb Tense and Modality Distribution in Medical English Abstracts», *English for Specific Purposes*, 11, págs. 93-113.

SANDERS, T.J.M.; SPOOREN, W.P. y NOORDMAN, L.G.M. (1992), «Toward a Taxonomy of coherence Relations», *Discourse Processes*, 15, págs. 1-35.

SANFORD, A.J. y GARROD, S.C. (1981), *Understanding Written Language*, Chichester, John Wiley and Sons.

SCHIFFRIN, D.

- (1987), *Discourse Markers*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1994), *Approaches to Discourse*, Oxford, Blackwell.

SCHLIEBEN-LANGE, B. (1987), *Pragmática lingüística*, Madrid, Ed. Gredos.

SCHLEPPEGRELL, M.J. (1996), «Conjunction in spoken English and ESL writing», *Applied Linguistics*, 17/3, págs. 271-285.

SCHRÖDER, H. (ed.), (1991), *Subject-oriented Texts, Languages for Special Purposes and Text Theory*, Berlin, New York, Walter de Gruyter.

SGALL, P. (1983), «On One aspect of Textual Coherence», en NEUBAUER, F. (ed.), *Coherence in Natural Language Texts, Papiere zur Textlinguistik*, Vol. 38, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 135-143.

SHAKIR, A. y FRAGHAL, M. (1992), «Gulf War jokes: Cohesion and coherence», *Text*, 12, 3, págs. 447-468.

SINCLAIR, J.M. (1985), «On the Integration of Linguistic Description», en VAN DIJK, T.A. (ed.), *Handbook of discourse Analysis, Vol. 2. Dimensions of Discourse*, London, Academic Press, págs. 13-28.

SINCLAIR, J.M.:

- (1992), «Priorities in Discourse Analysis», en COURTHALD, R. (ed.), *Advances in Spoken Discourse Analysis*, London, Routledge.
- (1993), «Written Discourse Structure», en SINCLAIR, J.M.; HOEY, M. y FOX, G. (eds.), *Techniques of Description. Spoken and Written Discourse*, London, Routledge, págs. 6-31.
- (1994), «Trust The Text», en COULTHARD, M. (ed.), *Advances in Written Text Analysis*, London and New York, Routledge, págs. 12-25.

SMITH, E.L. Jr. (1985), «Text type and discourse framework», *Text*, Vol. 5-3, págs. 229-247.

SMITH, R.N. y FRAWLEY, W.J. (1983), «Conjunctive Cohesion in Four English Genres», *text*, Vol. 3-4, págs. 347-374.

SPERBER, D. y WILSON, D. (1986), *Relevance. Communication and Cognition*, Oxford, Blackwell.

STIRLING, L. (1996), «Metonymy and Anaphora», en MULDER, W. de y TASMOWSKI, L. (eds.), «Coherence & Anaphora», *Belgian Journal of Linguistics*, 10, págs. 69-88.

STODDARD, S. (1991), *Text and texture: Patterns of Cohesion*, Norwood, New Jersey, Ablex Publishing Company.

STUBBS, M.:

- (1983), *Discourse Analysis*, Oxford, Basil Blackwell.
- (1987), *Análisis del discurso*, vers. esp. de Celina González, Madrid, Alianza Editorial.

SWALES, J.M.:

- (1985), *Episodes in ESP*, Oxford, Pergamon Press.
- (1990), *Genre Analysis. English in Academic and research Settings*, Cambridge, Cambridge University Press.

SWALES, J.M.; UMMUL, K.A.; YU-YING, C.; CHÁVEZ, D.; DRESSEN, D.F. y SEYMOUR, R. (1998), «Consider this: The role of imperatives in scholarly writing», *Applied Linguistics*, 19/1, págs. 97-121.

- TADROS, A. (1994), «Predictive categories in expositive text», en COULTHARD, M. (ed.), *Advances in Written Text Analysis*, London and New York, Routledge, págs. 69-82.
- TANNEN, D.:
- (1982), «Oral and Literate Strategies in Spoken and Written Language», *Language*, Vol. 58, Nº 1, en TANNEN, D. (ed.), *Spoken and Written Language. Exploring Orality and Literacy*, Vol. IX, Norwood, Ablex, págs. 1-21.
 - (ed.) (1993), *Framing in Discourse*, Oxford, Oxford University Press.
- TARONE, E.; DWYER, S.; GILLETTE, S. y ICKE, V. (1981), «On the Use of the Passive in Two Astrophysics Journal Papers», en SWALES, J. (ed) (1985), *Episodes in ESP*, London, Longman, págs. 191-205.
- TASMOWSKI, L. y DE MULDER, W. (1996), «Introduction», en MULDER, W. de y TASMOWSKI, L. (eds.), «Coherence & Anaphora», *Belgian Journal of Linguistics*, 10, págs. vii-ix.
- TELLES RIBEIRO, B. (1994), *Coherence in Psychotic Discourse*, Oxford, New York. Oxford University Press.
- TERESTYENI, T. (1986), «Conversational Maxims and Text Coherence», en HEYDRICH, W. y PETÖFI, J. (eds.), *Aspekte der Konnexität und Kohärenz von Texten*, Hamburg, Helmut Buske Verlag, págs. 143-160.
- THOMPSON, S. (1994), «Aspects of Cohesion in Monologue», *Applied Linguistics*, 15/1, págs. 58-75.
- THOMPSON, S.A. y MANN, W.C. (1987), «Antithesis: a study in clause combining and discourse structure», en STEELE y THREADGOLD (eds.), *Language topics. Essays in honour of Michael Halliday*, John Benjamins, págs. 359-381.
- TICHY, H.J. (1988), *Effective Writing for Engineers, Managers, Scientists*, 2nd ed., New York, John Wiley & Sons.
- TOMLIN, R.S.; FORREST, L.; MING PU, M. y HEE KIM, M. (1997), «Discourse Semantics», en VAN DIJK, T.A. (ed.), *Discourse as structure and process*, London, Sage Publications, págs. 63-111.

- TURK, C. Y KIRKMAN, J. (1989), *Effective Writing. Improving Scientific, Technical and Business Communication*, 2nd edition, London, E & FN Spoon.
- TRIMBLE, L. (1985), *English for Science and Technology: A Discourse Approach*, Cambridge, Cambridge University Press.
- TYLER, A. (1994), «The Role of syntactic Structure in Discourse Structure: Signaling Logical and Prominence Relations», *Applied Linguistics*. 15/3, págs. 243-262.
- URQUHART, A. (1983), «Sticky Aspects of Cohesion», *MALS Journal*, University of Aston, Vol. 8, págs. 86-104.
- VANDE KOPPLE, W.J.:
- (1986), «Given and New Information and Some Aspects of the Structures, Semantics, and Pragmatics of Written Texts», en COOPER, Ch.R. y GREENBAUM, S. (eds.), *Studying writing: Linguistic Approaches*. Vol. 1, Sage Publications, págs. 72-109.
 - (1991), «Themes, Thematic Progressions, and Some Implications for Understanding Discourse», *Written Communication*, Vol. 8, Nº 3, págs. 311-347.
- VENTOLA, E.M. (1983), «Contrasting Schematic Structures in Service Encounters», *Applied Linguistics*, 4, págs. 242-258.
- VENTOLA, E.M. y MAURANEN, A. (eds.) (1996), *Academic Writing. Intercultural and Textual Issues*, Amsterdam/Philadelphia, John Benjamins Publishing Company.
- VICENTE MATEU, J.A. (1990), «Deixis y conocimiento», *Anales de Filología Hispánica*, Vol. 5, págs. 145-154.
- VILARNOVO, A. (1990), «Coherencia textual: ¿coherencia interna o coherencia externa?», *Estudios de Lingüística*, Universidad de Alicante, Nº 6, págs. 229-239.
- VILARNOVO, A. (1991), «Teorías explicativas de la coherencia textual», *Revista Española de Lingüística*, Ed. Gredos, año 21, fasc. 1, págs. 125-144.

- VITACOLONNA, L. (1988), «"Text"/"Discourse" Definitions», en PETÖFI, J.S. (ed.), *Text and Discourse Constitution: Empirical Aspects, Theoretical Approaches*, Berlin, New York, Walter de Gruyter, págs. 421-439.
- WAGEMANS, E. (1994), «La nexuación por concatenación. Una aproximación sociolingüística a los enlaces supraoracionales hipotácticos no conjuntivos», *Anuario de Lingüística Hispánica*, X, págs. 407-420.
- WEISSBERG, R.C. (1984), «Given and New: Paragraph development Models from Scientific English», *TESOL Quarterly*, Vol. 18, Nº 3, págs. 485-500.
- WERLICH, E. (1983), *A Text Grammar of English*, Quelle & Meyer, Heidelberg.
- WERTH, P. (1984), *Focus, coherence and emphasis*, Sidney, Croom Helm.
- WESTON, A. (1994), *Las claves de la argumentación*, Edición española de Jorge F. Malem, Barcelona, Ariel.
- WHITTAKER, R. (1995), «Theme, processes and the realization of meanings in academic articles», en GHADESSY, M. (ed.), *Thematic Development in English Texts*, London and New York, Pinter publishers, págs. 105-128.
- WIDDOWSON H.G.:
- (1979a), «The Description of Scientific Language», en WIDDOWSON, H.G. (ed.), *Explorations in Applied Linguistics*, Oxford, Oxford University Press, págs. 51-61.
 - (1979b), «Directions in the teaching of discourse», en WIDDOWSON, H.G. (ed.), *Explorations in Applied Linguistics*, Oxford, Oxford University Press, págs. 89-111.
- WIERZBICKA, A.:
- (1980), *Lingua Mentalis: The Semantics of Natural Language*, Sidney, Academic Press.
 - (1988), *The Semantics of Grammar*, Amsterdam, Philadelphia, John Benjamins Publishing Company.

- WIGNELL, P.; MARTIN, J.R. y EGGINS, S. (1993), «The discourse of Geography: Ordering and Explaining the Experiential World», en HALLIDAY y MARTIN: *Writing Science*, London, The Falmer Press, págs. 136-165.
- WIKBORG, E. (1985), «Types of coherence breaks in University student writing», en ENKVIST, N.E. (ed.), *Coherence and Composition. A Symposium*, Abo, Publications of the Research Institute of The Abo Akademi Foundation, págs. 93-133.
- WILLIAMS, J. M. (1990), *Style. Toward Clarity and Grace*, Chicago, The University of Chicago Press.
- WILLIAMS, R. (1984), «A cognitive approach to English nominal compounds», en PUGH y ULIJN (eds.), *Reading for Professional Purposes*, London, Heinemann, págs. 146-153.
- WINTER, E.O. (1982), *Towards a Contextual Grammar English. The Clause and its Place in the Definition of Sentence*, London, George Allen & Unwin.
- YOUNG, D. (1985), «Some applications of Systemic Grammar to TEFL or "Whatever became of register analysis?"», en BENSON, J.D. y GREAVES, W.S. (eds.), *Systemic perspectives on Discourse*, Vol. 2: *Selected applied papers from the 9th International Systemic Workshop*, Norwood, New Jersey, Ablex Publishing Company, págs. 282-294
- YULE, G. (1985), *The Study of Language*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ZIV, Y. (1996), «Pronominal Reference to inferred Antecedents», en MULDER, W. de y TASMOWSKI, L. (eds.), «Coherence & Anaphora», *Belgian Journal of Linguistics*, 10, págs. 55-67.



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FILOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FILOLOGÍA INGLESA**

***LA COHESIÓN DEL TEXTO CIENTÍFICO-TÉCNICO.
UN ESTUDIO CONTRASTIVO INGLÉS-ESPAÑOL***

ANEXOS

Directora:
Dra. Ángela Downing Rothwell
Catedrática de Universidad

Tesis doctoral presentada por:
Inmaculada Álvarez de Mon y Rego

1999

ANEXOS

NOTA PRELIMINAR

Se presenta ahora, en los anexos del 1 al 12, la muestra de textos analizada. Los textos se han separado por oraciones ortográficas que, en este tipo de texto, coinciden en casi todos los casos con la cláusula simple o compleja.

En cada oración se han señalado las expresiones que establecen la cohesión con la oración anterior. En algunos casos, las oraciones mantienen más de un punto de unión. Estos puntos de unión se han señalado en mayúsculas cuando se trata de cohesión en el plano del contenido y mediante entidad coincidente o relacionada. También se han señalado en mayúsculas los casos de encapsulamiento en el plano interactivo. Mediante subrayado se señalan los anuncios. Cuando aparecen mayúsculas y subrayado, se trata de anuncios con encapsulamiento implícito.

Por último, el anexo 13 recoge la clasificación de las oraciones del texto en cuanto al mecanismo de cohesión presente en cada una.

ANEXO 1

THE QUANTUM-EFFECT DEVICE: TOMORROW'S TRANSISTOR?

0.1 THE COMPONENTS OF ORDINARY INTEGRATED CIRCUITS can be made only so small before disruptive effects impair their function.

0.2 BEYOND THAT SIZE LIMIT a new species of semiconductor device could take over.

PÁRRAFO 1

1. THE ELECTRONICS INDUSTRY AND INTEGRATED CIRCUITS share an inverse destiny.
2. THE INDUSTRY grows as CIRCUITS shrink, and growth will continue as long as more and more circuits can be crammed on a single chip.
3. BUT common sense and careful analyses indicate that perhaps within a decade DOWNSCALING will run up against the limits of circuit technology.
4. Even if PRACTICAL LIMITS are overcome, the physical laws that govern the behavior of circuit components set fundamental limits on the size of the components' features.
5. In order to keep expanding, THE ELECTRONICS INDUSTRY needs another technological revolution.

PÁRRAFO 2

7. As a physicist with Texas Instruments, Incorporated, I have for many years been aware of the urgency of developing a new frontier for SEMICONDUCTOR DEVICES.
8. In 1982 my colleague Pallab K. Chatterjee published a study that heightened MY CONCERN by stressing how close the downscaling endpoint was.
9. There is still some disagreement over THAT FIGURE, with estimates of minimum feature sizes ranging between 100 and 500 billionths of a meter.
10. While disputing THE PROBLEM, many of us arrived at the same solution:
11. that some of the very phenomena that impose SIZE LIMITS ON ORDINARY CIRCUITS could be exploited in a new generation of vastly more efficient devices.
12. The functional bases for THESE DEVICES are quantum-mechanical effects that carry semiconductor technology into a realm of physics where subatomic particles behave like waves and pass through formerly impenetrable barriers.
13. WITH THE SO-CALLED QUANTUM SEMICONDUCTOR DEVICE, I believe it will be possible to put the circuitry of a supercomputer on a single chip.

PÁRRAFO 3

14. The structures for QUANTUM DEVICES have already been made using the same materials as today's chips: doped silicon, doped and undoped gallium arsenide, and aluminum gallium arsenide.

15. Because THEY can be about 100 times smaller than the devices in present-day integrated circuits, HOWEVER, designing and fabricating a viable device presents a formidable challenge.
16. MANUFACTURING PROCESSES will have to become considerably more sophisticated, and new strategies for interconnection and architecture will have to be devised to cope with the especial problems of size reduction.

PÁRRAFO 4

17. As daunting as they are, THESE ADJUSTMENTS are worth making in order to realize the ten-thousandfold reduction in cost per function that quantum devices could bring about.
18. THEY are ALSO minor compared with the difficulty of introducing new materials for which no relevant process technology exists.
19. AND THE PROGRESS that has been made at Texas Instruments as well as at other laboratories around the world suggests that quantum devices just might embody the revolution the electronics industry awaits.

PÁRRAFO 5

20. The motive for SHRINKING THE COMPONENTS OF INTEGRATED CIRCUITS is minimizing the cost and time needed to perform each circuit function.
21. MOST FUNCTIONS are carried out by transistors, which act essentially as switches.

- 22. IN A TRANSISTOR the speed and precision with which SWITCHING can be controlled, as well as the power needed to produce the switching, has everything to do with the time and cost per function attained by the device.
- 23. Because of its size, A TRANSISTOR SWITCH that operates on the principles of quantum mechanics would be faster and would consume less power than a conventional transistor;
- 24. because of effects peculiar to QUANTUM PHENOMENA, IT could also afford a greater degree of control.

PÁRRAFO 6

- 25. THESE ATTRIBUTES can best be appreciated in comparison with the performance of conventional transistors.
- 26. THE MOST COMMONLY USED TRANSISTORS TODAY are field-effect transistors, or FET's.
- 27. THEY are made from semiconducting materials doped with elements that provide carriers for electric charge.
- 28. THE CHARGE CARRIERS can be either electrons, which bear a negative charge, or positive «holes»;
- 29. a semiconductor that has electrons as CHARGE CARRIERS is said to be negatively doped (n-doped) and a semiconductor that conveys charge by the movement of holes is said to be positively doped (p-doped).

30. SILICON has been the traditional stuff of integrated circuits, but GALLIUM ARSENIDE (GAAS) TRANSISTORS have been constructed that are faster.

PÁRRAFO 7

31. THE TWO TYPES OF TRANSISTOR have slightly different configurations.

32. IN A TYPICAL SILICON FET a region of n-doped silicon called the source is separated from another n-doped region, the drain, by a p-doped channel.

33. ON TOP OF THE CHANNEL there is a metal electrode called the gate, which is kept from coming in direct contact with the p-doped silicon by a layer of insulating silicon oxide.

34. (THIS METAL-OXIDE-SEMICONDUCTOR ARRANGEMENT is the derivation for the common acronyms n-MOS, p-MOS and MOSFET).

35. A positive voltage is applied to THE DRAIN;

36. when A WEAKER POSITIVE POTENTIAL is ALSO applied to THE GATE, electrons cluster in the silicon channel under the gate and create a bridge of negative charge carriers between the two n-doped regions.

37. THIS BRIDGE, called the inversion layer, enables electrons in the source to flow toward the positive voltage on the drain.

38. THE CURRENT FLOW can be interrupted by removing the potential on the gate, thereby dispersing the electrons in the inversion layer.

PÁRRAFO 8

39. A GALLIUM ARSENIDE TRANSISTOR also has a gate electrode and terminals that serve as source and drain, but the n-doped part of the substrate is not localized
40. [see »GALLIUM ARSENIDE TRANSISTORS,» by William R. Frensley; SCIENTIFIC AMERICA, August, 1987].
41. When a positive potential is applied to THE GATE AND THE DRAIN, current flows freely from the source;
42. if THE GATE is given a negative voltage, IT repels electrons from the area under it, blocking the path of conduction.

PÁRRAFO 9

43. BOTH TRANSISTORS are three-terminal devices, and in both of them adjusting the voltage on the gate is the most sensitive means of switching the device.
44. HENCE THE TRANSISTORS can be switched «on» and «off» by changing the voltage on the gate.
45. THESE DEVICES work well at present scales, but with downscaling the distinction between switching states becomes blurred.
46. AT SMALLER SCALES current leakage prevents a transistor from being truly «off»;
47. IT ALSO causes unnecessary consumption of power.

- 48. Impurities or defects in THE SEMICONDUCTOR CRYSTAL can scatter electrons, slowing both conduction and switching.
- 49. For all its usefulness, THE MODERN FET has a problem:
- 50. the smaller IT gets, the worse IT switches.

PÁRRAFO 10

- 51. Because the way in which QUANTUM SEMICONDUCTOR DEVICES would function is qualitatively different, quantum devices promise more precise and efficient control of switching in a size regime ORDINARY TRANSISTORS could never approach.
- 52. THIS DIFFERENCE is manifested in THE CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS.
- 53. IN PARTICULAR, some quantum semiconductor devices exhibit NEGATIVE DIFFERENTIAL RESISTANCE:
- 54. THAT IS, there is A VOLTAGE RANGE IN WHICH THE CURRENT DECREASES AS THE APPLIED VOLTAGE IS INCREASED.
- 55. On a graph of current versus voltage, THIS PROPERTY translates into a current peak and a current valley.
- 56. THE PRESENCE OF NEGATIVE DIFFERENTIAL RESISTANCE is often the only indication a physicist has that quantum effects are operative in an experimental device.

PÁRRAFO 11

57. The elusive phenomenon at the heart of QUANTUM EFFECTS is the wave nature of electrons.
58. QUANTUM THEORY predicts that AN ELECTRON will exhibit wavelike behavior whenever the region within which it is confined, or the barriers erected to contain it, has dimensions approaching the electron's wavelength.
59. HENCE at least one dimension of the features in a quantum device is comparable to THE WAVELENGTH OF AN ELECTRON.
60. In gallium arsenide at room temperature THAT WAVELENGTH measures just 200 angstrom units (20 billionths of a meter).

PÁRRAFO 12

61. The barriers that can contain ELECTRONS are barriers of energy rather than physical barriers.
62. ALL ELECTRONS possess a finite amount of energy and are said to occupy energy levels;
63. THE LEVELS AVAILABLE are characteristic of a given material.
64. A GROUP OF CLOSELY SPACED LEVELS is called a band.
65. In most solids THE ENERGY LEVELS IN EACH BAND are SO CLOSELY SPACED that they are essentially continuous, and so an electron can change levels with only an infinitesimal boost of energy.

PÁRRAFO 13

66. The relative positions of ENERGY BANDS determine whether electricity can be conducted across two different materials.
67. For an electron to pass from ONE MATERIAL TO ANOTHER with no change of energy, THE BANDS OF THE TWO MATERIALS must overlap.
68. SPECIFICALLY, IN THE FIRST MATERIAL the average level occupied by electrons -called the Fermi level- must coincide with an energy band of THE SECOND MATERIAL.
69. If THE ENERGY BAND OF THE SECOND MATERIAL occurs at a much higher energy level than the Fermi level of the first, THE SECOND MATERIAL acts as a barrier to electron movement.

PÁRRAFO 14

70. FOR EXAMPLE, under ordinary circumstances ALUMINUM GALLIUM ARSENIDE (ALGAAS) presents a barrier to the electrons IN N-DOPED GALLIUM ARSENIDE.
71. An electron cannot pass from THE DOPED GAAS TO ALGAAS because the conduction band of ALGAAS is at a much higher energy level than the Fermi level of THE GAAS.
72. YET if the physical dimensions of THE BARRIER are altered in such a way that the wave nature of electrons comes into play, an electron will «tunnel» through the ALGAAS that was once an obstacle.
73. HENCE when A LAYER OF ALGAAS THINNER THAN 200 ANGSTROMS is

sandwiched between two pieces of doped GaAs, the electrons tunnel through it to the GaAs on the other side.

74. THIS TUNNELING is one kind of quantum effect.

PÁRRAFO 15

75. When barriers confine electrons within a space comparable to an electron wavelength, the electrons are subject to TWO OTHER, INTERRELATED QUANTUM EFFECTS: size quantization and resonance.

76. SIZE QUANTIZATION causes the continuum of energy levels that usually exists in the conduction band of a solid to become articulated into discrete energy quanta, or states.

77. IT is most aptly described by a density-of-states graph, which shows the number of allowed discrete states of an electron within a fixed energy range.

PÁRRAFO 16

78. When, FOR EXAMPLE, a slice of undoped gallium arsenide is enclosed within AlGaAs barriers, THE DENSITY-OF-STATES GRAPH for the GaAs looks more like a ladder than a hill.

79. THE DEGREE OF QUANTIZATION depends on the degree of confinement.

80. When the electrons in GaAs ARE RESTRICTED in all three dimensions (a «quantum dot»), their energy levels are completely discontinuous;

81. IN ONE-DIMENSIONAL RESTRICTION (a «quantum well») AND TWO-DIMENSIONAL RESTRICTION (a «quantum wire») THE LEVELS are still somewhat continuous.

PÁRRAFO 17

82. Resonance, the other consequence of QUANTUM CONFINEMENT, occurs only when some degree of size quantization has been achieved.
83. Electron waves that enter, say, A QUANTUM WELL are reflected off the far wall of the well;
84. THE WAVES essentially bounce back and forth within the quantum chamber.
85. In doing SO THEY increase the tunneling current substantially - THEY resonate.
86. Both size quantization and resonance result from the constructive interference of THE FORWARD AND BACKWARD WAVES.
87. It is difficult to separate the current enhancement that can be attributed to RESONANCE from the enhancement that results from THE INCREASED DENSITY OF STATES AT A GIVEN ENERGY LEVEL.

PÁRRAFO 18

88. As it happens, THAT DISTINCTION is not crucial for transistor operation.
89. WHAT DOES MATTER is that IN A QUANTUM-EFFECT DEVICE two slightly different voltages can evoke profoundly different responses.

90. THE DIFFERENCES should be most pronounced in the most confined structure, the quantum dot, because IT exhibits the highest degree of quantization.
91. At voltages where TUNNELING occurs, current is enhanced by the high density of states and by resonance effects to create a peak;
92. AT OTHER VOLTAGES, the total absence of states at energies intermediate between quantum levels ensures that very little tunneling occurs, and a valley in the current is thus created.

PÁRRAFO 19

93. To visualize how THESE QUANTUM EFFECTS could come in handy in a transistor, imagine two slabs of n-doped GaAs separated by an AlGaAs-GaAs quantum dot.
94. Electrons trying to pass from ONE SLAB OF DOPED GAAS TO THE OTHER must tunnel through a layer of AlGaAs into THE QUANTUM DOT and then through another stretch of AlGaAs.
95. THEY cannot enter the quantum dot, HOWEVER, unless one of the energy levels IN THE DOT is on a par with the Fermi level of the doped gallium arsenide from which the electrons are emitted.

PÁRRAFO 20

96. THE FERMI LEVEL OF THE GAAS «EMITTER» can be raised with respect to the rest of the structure by applying a positive voltage to the doped GaAs on the opposite side of the dot -the «collector.»

97. At some voltage THE FERMI LEVEL OF THE EMITTER will attain the same energy as one of the energy levels in the dot, and electrons will move into and resonate within the dot.
98. There is a single voltage at which THIS occurs;
99. The conduction that takes place AT OTHER VOLTAGES owing to thermal excitation and to leakage and scattering is negligible.
100. HERE, THEN, is a way to control precisely the switching of a semiconductor device.

PÁRRAFO 21

101. Although from THIS DESCRIPTION the incorporation of a quantum-dot structure in A SO-CALLED QUANTUM COUPLED DEVICE may seem like a remote possibility, actually the realization of such a device may not be too many years away.
102. INDEED, the exploitation of QUANTUM EFFECTS IN SEMICONDUCTOR DEVICES dates from the 1950's.
103. The Esaki tunnel diode, named for its inventor, Leo Esaki, now at the IBM Corporation's Thomas J. Watson Research Center in Torktown Heights, N.Y., was THE FIRST QUANTUM SEMICONDUCTOR DEVICE.
104. IN THIS DIODE n- and p-doped semiconductors were juxtaposed to create a layer having no charge carriers at all.
105. When THE DOPING was extremely high, THE SO-CALLED DEPLETION LAYER became thin enough for electrons to tunnel through.

106. THE DIODE never had widespread appeal, HOWEVER, because the three-terminal devices that were coming of age at the time proved to be MORE EFFICIENT AND CONVENIENT.

PÁRRAFO 22

107. In the 1960's workers at the Watson Research Center verified that QUANTUM CONFINEMENT in one dimension takes place in the inversion layer of silicon MOSFET's.

108. Because the influence of QUANTUM EFFECTS on device characteristics was so small, THAT DISCOVERY had little impact on transistor development.

109. SUBSEQUENT WORK by Nick Holonyak, Jr., of the University of Illinois at Urbana-Champaign made quantum wells standard ingredients in lasers.

110. In the 1970's Esaki, along with Leroy L. Chang of the Watson Research Center and Raphael Tsu, now at North Carolina Agricultural and Technical State University, carried out THE EARLIEST EXPERIMENTS ON RESONANT TUNNELING THROUGH WELLS.

111. QUANTUM EFFECTS were not deliberately induced in transistors until recently, in the so-called modulation-doped FET's.

112. THE QUANTUM WELLS IN THESE DEVICES, HOWEVER, serve only to improve the mobility of electrons that otherwise act as they do in conventional transistors.

PÁRRAFO 23

113. While seemingly tangential, THESE DEVELOPMENTS helped to advance the techniques required to make quantum semiconductor devices, so that the technology for constructing experimental structures was at hand when interest in the field finally blossomed.
114. For the past four years THE REALIZATION OF ZERO-DIMENSIONAL QUANTUM STRUCTURES has been the focus of attention for workers around the world.
115. At the AT&T Bell Laboratories, IBM, the Massachusetts Institute of Technology, the University of Cambridge and the Philips Research Laboratories, SIZE QUANTIZATION IN QUANTUM WIRES has been demonstrated in silicon and gallium arsenide devices alike;
116. QUANTUM DOTS have been fabricated at AT&T, Bell Communications Research, the Hughes Research Laboratories and the University of Glasgow as well as at Texas Instruments, where the clearest indication of size quantization in dots has been found.

PÁRRAFO 24

117. An operational semiconductor device has yet to be constructed from A QUANTUM-DOT STRUCTURE, but a prototype should be available within one or two years.
118. One of the objectives of current research is the conversion of QUANTUM DEVICES, which are most readily constructed as diodes, to three-terminal devices with a third contact directly modulating the potential of the quantum structure.

119. SUCH A CONNECTION would yield the most compact device, and one that would most closely approach the maximum switching speed afforded by tunneling.
120. Devising a technology to manufacture reliable and nondestructive CONTACTS FOR SUCH THIN LAYERS, HOWEVER, will require a great deal of ingenuity.

PÁRRAFO 25

121. By placing QUANTUM DOTS in close proximity, ELECTRONS might ALSO be enabled to tunnel from one dot to another - from one quantized state to another.
122. THIS ARRANGEMENT would provide the ultimate in circuit control because the energy states the electrons could assume at both the point of departure and the point of arrival would be strictly dictated.
123. AGAIN, THE CHALLENGE lies in the formidable task of fabricating structures hundreds of times smaller than any of the features in current semiconductor products.
124. AND THAT DEGREE OF DOWNSCALING will IN TURN bring about problems with interconnections and architecture that industry will have to solve before quantum semiconductor devices can be regarded as marketable entities.

PÁRRAFO 26

125. The commitment of so many research teams to a problematic technology attests to the tremendous potential of THESE DEVICES and to the faith that THEY will take the lead in the next semiconductor revolution.

126. THE COSTS AND RISKS INVOLVED must be borne in order to revitalize a rapidly maturing electronics industry;
127. THE RESULTS can only benefit a society that has learned to depend on integrated circuits in many ways.

ANEXO 2

MICROCLUSTERS

- 0.1. SMALL AGGREGATES OF ATOMS constitute a distinct phase of matter.
- 0.2. THEIR chemistry, at once highly reactive and selective, has possible applications in catalysis, optics and electronics.

PÁRRAFO 1

1. DIVIDE AND SUBDIVIDE A SOLID and the traits of its solidity fade away one by one, like the features of the Cheshire cat, to be replaced by characteristics that are not those of liquids or gases.
2. THEY belong INSTEAD to a new phase of matter, the microcluster.

PÁRRAFO 2

3. MICROCLUSTERS consist of tiny aggregates comprising from two to several hundred atoms.
4. THEY pose questions that lie at the heart of solid-state physics and chemistry and the related field of materials science:
5. How small must AN AGGREGATE OF PARTICLES become before the character of the substance they once formed is lost?

6. How might THE ATOMS reconfigure themselves if freed from the influence of the matter that surrounds them?
7. If the substance is a metal, how small must ITS CLUSTER OF ATOMS be to avoid that characteristic sharing of free electrons that underlies conductivity?
8. Do GROWING CLUSTERS proceed gradually from one stable structure to another, largely through the simple addition of atoms, or do they undergo radical transformations as they grow?

PÁRRAFO 3

9. Many CLUSTER properties are determined by the fact that a cluster is mostly surface.
10. A CLOSELY PACKED CLUSTER OF 20 ATOMS has only one atom in its interior;
11. A CLUSTER MADE UP OF 100 ATOMS may have only 20.
12. OTHER PROPERTIES stem from clusters' unfilled electronic bonding capability, which leaves them «naked» and hence extremely reactive.
13. THIS REACTIVITY makes them effective tools for the study of the solid state and, potentially, for such industrial processes as the growing of crystals, selective chemical catalysis and the creation of entirely new materials with made-to-order electronic, magnetic and optical properties.
14. SUCH MATERIALS, IN TURN, could enhance the performance of products as diverse as lasers, photographic films, electrosensitive phosphors, magnetic disks and supercomputers.

PÁRRAFO 4

15. The potential importance of CLUSTERS was recognized long before they could be prepared in the laboratory.
16. Perhaps the earliest reference to CLUSTERS was made in 1661 by the English chemist Roberto Boyle, in his *Sceptical Chymist*, which speaks of «minute masses or clusters [that] were not easily dissipable into such particles as composed them.»
17. Because of their microscopic size and extreme chemical reactivity, CLUSTERS could not be investigated with the techniques of traditional surface chemistry or even synthesized in the laboratory, until the 1950's.
18. IN THESE EARLY EFFORTS, an oven was used to vaporize a metal, which was then precipitated as clusters on a substrate.
19. ALKALI METALS SUCH AS SODIUM AND POTASSIUM were tried first, at about 1,000 degrees Celsius;
20. METALS WITH HIGHER MELTING AND VAPORIZING POINTS were studied LATER.
21. BUT THE METALS WITH THE HIGHER TRANSITION TEMPERATURES could usually be made in clusters of only three to five atoms.
22. THIS made it impossible to determine how many atoms were required for the emergence of properties more like a solid and less like a cluster.

PÁRRAFO 5

23. A MORE GENERALLY EFFECTIVE PROCEDURE, in which a solid metal is vaporized with a laser, was devised in 1981 by two groups, one led by Richard E. Smalley of Rice University, the other by Vladimir E. Bondybey of AT&T Bell Laboratories.
24. One of us (Duncan) was a doctoral student under SMALLEY at the time and was therefore one of the first to observe LASER-GENERATED CLUSTERS.
25. THE TECHNIQUE has been refined considerably and can now produce clusters of up to 100 or more atoms composed of virtually any substance that can exist as a solid.
26. CLUSTERS have ALSO been made of mixed materials.

PÁRRAFO 6

27. THE PROCESS begins when pulsed laser light is tightly focused on a metal bar or disk that sits in a channel, evaporating its atoms into an extremely hot plasma.
28. A gust of helium, released previously into THE CHANNEL, cools THE VAPOR so that it condenses and forms clusters of varying sizes.
29. IT sweeps the clusters along into an evacuated chamber, where the pressure differential causes the spray to expand supersonically.
30. Collisions that take place during THE EXPANSION cool the clusters to a temperature near absolute zero, stabilizing them for further study.

PÁRRAFO 7

31. The center of THE SPRAY passes through an aperture on the opposite side of the chamber.
32. THE RESULTING BEAM is THEN irradiated by an ultraviolet laser energetic enough to strip electrons from the clusters.
33. REMOVAL OF THE ELECTRONS imparts a positive charge to the clusters, so that they can be accelerated in an electric field of given strength over a path of known length.
34. This instrument, a time-of-flight mass spectrometer, sorts THE CLUSTERS into different packets, with the heaviest species (those with the most atoms) at one extreme and the lightest ones at the other.

PÁRRAFO 8

35. Subtle clues to CLUSTER geometry can be gleaned from the distribution of cluster sizes.
36. THE SIZES that appear particularly often are thought to be associated with particularly stable configurations.
37. SUCH CLUSTER SPECIES, which appear as spikes when the number of atoms is graphed, are called magic numbers (by analogy with the quantum model of atomic nuclei, in which certain combinations of protons and neutrons are allowed and others are not).

PÁRRAFO 9

38. MAGIC NUMBERS may sometimes be useful predictors of geometry.
39. Consider, for a moment, the mass spectrum of lead, in which SEVEN- AND 10-ATOM CLUSTERS are found at twice the frequency of neighboring species, or cluster sizes.
40. EACH OF THESE TWO FORMS is believed to have a structure that is a precursor to packing patterns seen in solid lead.
41. THE 10-ATOM FORMATION is a key element in the diamond lattice structure, in which chemical bonds act in fourfold symmetry to keep atoms fixed in relatively open networks.

PÁRRAFO 10

42. SEVEN-ATOM CLUSTERS may form pentagonal bipyramids, with five atoms in a plane and the sixth and seventh above and below it, respectively.
43. THESE CONFIGURATIONS are the first building blocks of cubic close-packing, a familiar pattern that is seen in solid lead.

PÁRRAFO 11

44. PENTAGONAL BIPYRAMIDS can easily accept six more atoms to form icosahedrons - nearly spherical figures that are the most stable way to close-pack a cluster.
45. THEIR pattern differs only slightly from that found in a close-packed solid.

PÁRRAFO 12

46. ANOTHER EXAMPLE OF HOW STRUCTURES ARE INFERRED FROM MASS SPECTRAL DATA is seen in the case of 14-atom lead clusters, which occur at only one third the frequency of cluster sizes.
47. THAT PHENOMENON can be explained by the relative stability ascribed by theory to the 13-atom icosahedral cluster, a stability that makes it difficult for 14 atoms to cohere.
48. THEY tend, INSTEAD, to form a 13-atom cluster, leaving one atom free.

PÁRRAFO 13

49. We became interested in applying MAGIC NUMBERS to the study of CLUSTERS made of mixed metals that form alloys in the solid state.
50. In OUR research at the university of Georgia WE discovered that CLUSTERS OF LEAD MIXED WITH ANTIMONY - both members of the main-group metals- had elemental ratios that diverged unexpectedly from those found in the alloy.
51. Two mass peaks indicated the disproportionate presence of one ion with TWO LEAD AND THREE ANTIMONY ATOMS and another ion with FOUR ATOMS OF LEAD AND FIVE OF ANTIMONY.
52. It struck US that SUCH BONDING PATTERNS had been observed in a class of stable molecules known to inorganic chemists as Zintl ions, whose structure was known from X-ray crystallography.

53. OUR MICROCLUSTERS (and a related family of gas-phase alloy clusters, in which the constituent particles are themselves mixed molecules of different metals) seemed to have stability patterns like those of ZINTL IONS, which suggests that their structures are the same: five atoms in a trigonal bipyramid (with six triangular faces) or nine atoms in a capped, square antiprism (with 12 triangular faces and one square face).

PÁRRAFO 14

54. Perhaps MOST APPEALING OF ALL for their mathematical beauty are THE TWO STRUCTURES that have been proposed for cluster species of carbon and silicon, respectively.
55. Although THE PUTATIVE STRUCTURES have the great theoretical stability that would be expected for the species, which are remarkably inert, no conclusive evidence for their existence has yet been adduced.
56. THE CARBON STRUCTURE holds 60 atoms in an open cage of hexagons and pentagons resembling a soccer ball.
57. Smalley calls IT «buckminsterfullerene», in honor of the inventor of the geodesic dome, and suggests that it may be the interstellar dust whose absorption of radiation is thought to account for the observed gap in the ultraviolet spectrum.
58. Recently SMALLEY has proposed A STILL MORE COMPLEX SHAPE, also faced in hexagonal and pentagonal rings, for the cluster of 45 silicon atoms.

PÁRRAFO 15

59. It may seem natural to impute a kind of protosolidity to TINY CLUSTERS OF A MATERIAL that would be a solid if only there were enough of it.
60. INDEED, THIS IMPUTATION appears to be valid for those metals whose cluster-packing structure closely resembles that found in bulk.
61. BUT IN OTHER CASES SUCH AN APPROACH presumes more than the evidence will bear.

PÁRRAFO 16

62. A COUNTEREXAMPLE is seen in the case of clusters that form isomers, different molecular configurations that may be assumed by a given chemical compound.
63. EACH ISOMER is locally stable because it economizes on energy, but it may shift to a different isomeric form if enough energy is introduced through heating.
64. One example of SUCH «FLUXIONAL» CLUSTERS is the sodium trimer:
65. THE THREE ATOMS form an isosceles triangle whose unique angle continually bounces from one vertex to the other even at temperatures just above absolute zero.
66. Because THEIR SHAPE is not fixed on a microscopic level, fluxional clusters should perhaps be regarded more as liquid droplets than as solid particles, to the extent that such words have meaning on this level.

PÁRRAFO 17

67. One can learn about CLUSTER geometry from other kinds of data.
68. Electronic configurations, FOR EXAMPLE, have a direct bearing on the frequency of VARIOUS CLUSTER SIZES because specific electronic bonding patterns make certain clusters particularly stable.
69. THESE PATTERNS depend on the orbitals from which the electrons originate and on the degree of freedom enjoyed by the electrons.
70. When ELECTRONS are shared by the whole cluster in a delocalized pattern, so that negative charge is no greater at one point than another, the cluster may take on certain aspects of solid metal, such as conductivity.
71. When THE ELECTRONS are all tightly bound to atoms, THE CLUSTERS resemble discrete molecules.

PÁRRAFO 18

72. DELOCALIZED ELECTRONS are found in CLUSTERS of such alkaline metals as sodium and potassium and in such coinage metals as copper and silver.
73. BOTH CLASSES OF METAL ATOMS have a single electron in the s orbital that is then dispersed, or shared, among all the atoms in a given cluster.
74. As THE NUMBER OF ATOMS IN THE CLUSTER rises, the atomic orbitals combine to form molecular orbitals containing all the cluster's electrons;

75. MOLECULAR ORBITALS THEN give way gradually to «bands», or energy states, akin to those of a solid.
76. THESE METALS show cluster frequency peaks at the sizes that are predicted by a quantum model for a spherically symmetrical body with shared electrons.
77. THE PREDICTIONS closely resemble magic numbers derived from the quantum model of atomic nuclei and are similar in some respects to the electron shells calculated for the hydrogen atom.

PÁRRAFO 19

78. As Walter D. Knight, Marvin L. Cohen and their co-workers at the University of California at Berkeley have discovered, abundance peaks coincide with SODIUM CLUSTERS of 8, 20, 40, 58 and 92 atoms.
79. The pattern constitutes compelling evidence that the electrons IN THESE PARTICULAR CLUSTER SYSTEMS are delocalized in the same general way as electrons in the corresponding solids.
80. It should be noted, HOWEVER, that the quantum model that predicts THESE ABUNDANCE PEAKS cannot be translated to the solid state, which, unlike the cluster, is not a spherically symmetrical system.

PÁRRAFO 20

81. Bonds seem to be more localized in CLUSTERS OF MAIN-GROUP METALS such as lead and antimony.

82. HERE the outermost electrons occupy the p orbitals, which are spatially more constricted.
83. Only P ELECTRONS participate in bonding, which gives the bonds more of a local character than is the case for the alkali and coinage metals.
84. THESE MAIN-GROUP METALS tend to be less reactive, which explains why they sometimes form naked clusters when dissolved in liquids, as exemplified by Zintl ions.
85. ZINTL IONS are particularly stable because their electron shells are closed;
86. THUS, it is shown that p bonding dominates THESE ELECTRONIC SYSTEMS both in the gas phase and in the condensed phase.
87. It is ALSO believed that D BONDING is involved in transition metals such as iron, chromium and nickel, but these metals are harder to model.

PÁRRAFO 21

88. FURTHER INFORMATION ABOUT THE ELECTRONIC CONFIGURATION OF CLUSTERS can be gleaned from the amount of energy it takes to eject an electron from one of them.
89. In the case of molecules, THIS ENERGY REQUIREMENT is called the ionization potential;
90. for solids IT is known as the work function.

91. Lone atoms grip their electrons more tightly than clusters of atoms grip shared electrons, which is why most metals have ionization potentials about twice as high as THEIR WORK FUNCTIONS.
92. If CLUSTERS behave like bits of a solid, theory would predict a smooth, inverse relation between cluster size and electron-binding energy that would converge, at the limit, with the work function.

PÁRRAFO 22

93. Andrew Kaldor and his colleagues at the Exxon Research and Engineering Company were among the first to determine the ionization potentials of iron and niobium CLUSTERS.
94. THEY irradiated CLUSTERS with a tunable ultraviolet laser, beginning with a low-energy frequency and slowly increasing the frequency until they detected the first charged clusters in their spectrometer.
95. THEY continued to increase THE LASER'S FREQUENCY while plotting the distribution of cluster mass, and indeed, they found that as cluster size increased, ionization potential decreased.
96. BUT THE CURVE was not smooth;
97. CERTAIN CLUSTERS behaved more like molecules than like bits of a solid.
98. THESE RESULTS, as well as those of other researchers working with different metals, show that in clusters of up to 100 atoms the ionization potential does not converge to the work function.

99. The transition from THE CLUSTER PHASE to the solid phase clearly takes place in larger aggregates.

PÁRRAFO 23

100. OTHER PROPERTIES OF THE SOLID are ALSO thought to emerge in CLUSTERS as they grow, although the transition points have rarely been found.
101. GOLD CLUSTERS supported on a substrate will reach the melting point of solid gold only if they contain 1,000 or more atoms, although it is unclear to what extent the melting point is influenced by the substrate.

PÁRRAFO 24

102. Average atomic spacing has been found, through X-ray analysis, to be significantly smaller in TWO-ATOM COPPER CLUSTERS than in the solid metal, with the value converging to that of the solid only in clusters containing more than 50 atoms.
103. YET despite THIS SUBSTANTIAL DIFFERENCE, CLUSTERS as small as 14 copper atoms already exhibit the cubic close-packed pattern characteristic of the solid.
104. Orbital energies of copper, aluminum and silicon CLUSTERS (calculated from the energy at which electrons are ejected after being knocked loose by radiation of known frequencies) do not converge to the solid pattern even in clusters as large as 40 atoms.
105. LARGER CLUSTERS have not been examined IN THIS WAY, in part because it is harder to generate beams containing large numbers of them.

PÁRRAFO 25

106. The conclusion to be drawn from THESE STUDIES is that different physical characteristics of cluster converge with those of solids at different scales.
107. THE SOLID does not emerge all at once, but like the Cheshire cat it fades into view slowly, with the smile appearing first.

PÁRRAFO 26

108. How might the surface chemistry of CLUSTERS be exploited?
109. ONE PROMISING APPLICATION is in industrial catalysis, which is central in petroleum refining (to recover gasoline fractions from heavier distillates), in pollution control (to oxidize or reduce noxious emissions) and in the synthesis of pharmaceuticals.
110. CATALYSIS begins when the surface of catalyst adsorbs, say, molecules of carbon monoxide and nitrogen oxide.
111. THESE MOLECULES THEN drift to «active sites» where bonds are broken and reformed, say to nitrogen and carbon dioxide.
112. THE MOLECULES THUS PRODUCED are desorbed, and the catalyst is freed to repeat the process.
113. The efficacy of A CATALYST depends on its ability to attract reactants strongly enough for adsorption yet hold their end products weakly enough for desorption.
114. [see «BIMETALLIC CATALYSTS», by John H. Sinfelt; SCIENTIFIC AMERICAN, September, 1985].

115. Critical to THE ENTIRE PROCESS is the active site, the geometry mystery for most catalytic reactions.

PÁRRAFO 27

116. CLUSTERS are ideal laboratories for studying active sites because their unfilled bonding capacity makes them adsorb readily and their small size limits the number of possible adsorption geometries.

117. THIS CONSTRAINT ALSO makes them likely sources of highly specific catalysts, which do what they are intended to do and no more.

118. THAT SPECIFICITY is highly prized in industry, because many catalysts speed undesired reactions just as effectively as they speed desired ones.

PÁRRAFO 28

119. Pioneering studies of CLUSTER CATALYSIS were carried out in the early 1980's by the Smalley and Kaldor groups and by a group under the direction of Stephen J. Riley of Argonne National Laboratory.

120. CLUSTER CATALYSIS has since been pursued at the University of California at Los Angeles, the University of Utah and several other institutions.

PÁRRAFO 29

121. The quest for THE MADE-TO-ORDER CATALYST began with simple systems in which clusters of iron, cobalt, niobium or aluminum were tested for their efficacy as adsorbents of hydrogen gas.

- 122. In many cases, CERTAIN CLUSTER SIZES were immensely more effective than others.
- 123. Iron, FOR EXAMPLE, adsorbs hydrogen 1,000 times as fast in 10-ATOM CLUSTERS as it does in 17-ATOM CLUSTERS.
- 124. Kaldor's group showed that ADSORPTION RATES correlate with low ionization potentials, which led to the hypothesis that loosely bound electrons are involved in the adsorption.
- 125. BUT LATER WORK found that clusters of niobium, for example, adsorbed hydrogen as efficiently when they were ionized as when they were neutral.
- 126. THAT IS, THEY worked with or without their outermost electrons, which suggests that cluster catalysis depends on shape as well as on bonds.

PÁRRAFO 30

- 127. THE DISCOVERY THAT small changes in CLUSTER SIZE can produce large differences in adsorptive behavior strengthens the notion that clusters represent a distinct phase of matter.
- 128. IT ALSO suggests that specifically adsorptive clusters might be chosen by size and deposited on a substrate for industrial catalysis, whereas unreactive clusters might be selectively deposited to form protective coatings.

PÁRRAFO 31

- 129. SUCH A CAPABILITY would represent a great advance, because most industrial catalysts are still the products of a black art.

130. Now, for the first time, the secrets of CATALYSIS are beginning to yield to the tools of cluster science.
131. Scanning tunneling microscopy, a new technique that enables investigators to take a snapshot of individual atoms in A REACTION, may play an important role in elucidating the interaction between clusters and their substrate.
132. Migration, the process by which CLUSTERS attach to supports and then rearrange themselves, is one phenomenon that may be clarified by SCANNING TUNNELING MICROSCOPY.

PÁRRAFO 32

133. Ernst Schumacher of the University of Bern has approached CLUSTER-SUBSTRATE INTERACTIONS DIFFERENTLY.
134. HE has imprisoned ALKALI-METAL CLUSTERS in larger, hollow molecules called zeolite cages, which prevent the clusters from participating in undesired reactions without interfering with their ability to catalyze the polymerization of ethylene to polyethylene.
135. [see «SINTHETIC ZEOLITES», by George T. Kerr; SCIENTIFIC AMERICAN, July].
136. The extension of THIS WORK to clusters of transition metals promises to provide zeolite catalysts with very specific characteristics.

PÁRRAFO 33

137. FURTHER PROGRESS IN CLUSTER CATALYSIS will depend on the establishment of systematic knowledge.

138. STUDIES must first correlate particular metals and the sizes of individual particles with specific chemical activities.
139. THE NEXT STEP will be to select the proper clusters and deposit them on suitable substrates, perhaps by stacking them in precise, three-dimensional lattices that may support growing molecules, as enzymes do.
140. If successful, A BREAKTHROUGH OF THIS TYPE might greatly advance synthetic chemistry.

PÁRRAFO 34

141. Thin films of CLUSTERS possessing desirable electronic qualities would be of great interest in microelectronics.
142. HERE, TOO, the field is in a preliminary stage of development, but it is possible to envision applications in optical memories, image processing and superconductivity.
143. Given the potential for constructing PARTS from networks of clusters, it may eventually be possible to make electronic devices on a molecular scale.
144. Ultimately A MACHINE might be designed that could serve as a link between solid-state electronics and biological systems, such as systems of neurons.
145. SUCH A LINK might convey data from a television camera to the brain of a blind person.

PÁRRAFO 35

146. THE FIRST STEP is to form semiconducting cluster films about 100 angstroms thick.
147. ATOMS have already been used to make precise crystalline lattices, in a technique known as molecular-beam epitaxy;
148. If a way can be found to use clusters, INSTEAD, as building blocks, then FILMS WITH MORE COMPLEX STRUCTURES might be created.
149. THE TRICK is to smash CLUSTERS against a substrate with enough force to anneal them but not to destroy them.
150. Isao Yamada's group at the Ion Beam Laboratory at Kyoto University has done THIS with CLUSTERS of various materials, such as aluminum, on substrates such as silicon.
151. THE RESULTING FILMS have shown uniform thickness, optical reflectance and resistance to oxidation.

PÁRRAFO 36

152. Recent work in our laboratory indicates that mixtures of metals such as iron and bismuth, which cannot be alloyed in bulk, may be formed into CLUSTERS in the gas phase.
153. If SUCH CLUSTERS could be deposited in films, it would be possible to create a new class of alloys exhibiting valuable hybrid qualities.

PÁRRAFO 37

154. Efforts are now being made to deposit CLUSTERS in thin FILMS that could function as superconductors.
155. We have recently prepared CLUSTERS of yttrium-barium copper oxide, which may be able to form SUCH FILMS.
156. The research, HOWEVER, is still in a nascent stage, and even the most valuable properties of SUCH FILMS cannot yet be exploited commercially because size-selected clusters cannot be produced in quantity.

PÁRRAFO 38

157. CLUSTERS of certain metals have a great ability to absorb light.
158. THIS is caused by the extreme density of THEIR valence electrons, THEIR high surface-to-volume ratio (which puts many electrons near the surface) and the ease with which THEIR electron clouds can be distorted, or polarized.
159. It is possible to predict, on the basis of a given CLUSTER's chemistry and size, which wavelengths of light it will absorb.
160. SUCH CHARACTERISTIC WAVELENGTHS have been established recently for alkali metals by Knight and his group.
161. Because CLUSTERS are so PHOTORECEPTIVE, they can often absorb more than one photon, a useful quality in light-initiated chemical processes.

162. If suspended in a transparent medium, THEY may also make efficient radiation detectors, wavelength-specific light filters or elements in an optical-memory system.
163. Eventually it may be possible to exploit the chemical and optical properties of CLUSTERS to create photographic films possessing new properties.
164. FILM is exposed when a photon hitting a tiny silver halide crystal converts a bit of it into a silver metal cluster.
165. The cluster serves as a catalyst during THE DEVELOPING PROCESS, turning the rest of the crystal into silver metal.
166. If MORE SENSITIVE CLUSTERS - perhaps of different metals - could be created, it might allow the production of faster films.
167. Smaller formations made of suitable clusters could lead to FILMS that can resolve sharper images.

PÁRRAFO 39

168. The great reactivity and precise photon-emission patterns of CLUSTERS are also of value as a chemical fuel for lasers.
169. James L. Gole of the Georgia Institute of Technology has demonstrated that TRIATOMIC SODIUM CLUSTERS react with chlorine to produce excited diatomic sodium in sufficient abundance to create a population inversion, from which the process of stimulated emission yields a coherent beam in the blue-green end of the visible spectrum.

170. THIS COLOR is readily transmitted in water, and therefore, a laser using this fuel could be a new medium for submarine communications.

PÁRRAFO 40

171. In the past decade, CLUSTER researchers have created an interdisciplinary science and have raised fundamental questions about the nature of molecular surfaces.
172. The chemistry of THIS NEW PHASE OF MATTER is still in its infancy, but sufficient knowledge now exists to suggest that it has great relevance to fields as diverse as materials science, electronics and astrophysics.

ANEXO 3

PROGRESS IN GALLIUM ARSENIDE SEMICONDUCTORS

0.1. THE COMPOUND is not a candidate to supplant silicon.

0.2. NEVERTHELESS, ITS SPEED AND OPTICAL CAPABILITIES have spawned fast-growing applications in computing and communications

PÁRRAFO 1

1. TODAY'S GLOBAL AGE OF ELECTRONICS is built on a miniature foundation of microscopic circuits engraved on silicon chips.
2. The current success and continuing promise of SILICON IN CONSUMER, COMMERCIAL, INDUSTRIAL AND MILITARY ELECTRONIC SYSTEMS has prompted those who work with the material to offer a tongue-in-cheek criticism of another promising semiconductor, gallium arsenide.
3. «GALLIUM ARSENIDE», they say, «is the technology of the future, always has been, always will be».

PÁRRAFO 2

4. After almost 30 years as the technology of the future, GALLIUM ARSENIDE has begun to make a place for itself, not by supplanting silicon but by complementing it in new applications.

5. The inherent advantages of THE MATERIAL lie in the speed with which electrons move through it, in weak-signal operations and in the generation and detection of light.
6. THESE ADVANTAGES suit IT for roles in computing, television reception and the optoelectronic transmission of data through optical-fiber networks (a technology also known as photonics).
7. GALLIUM ARSENIDE light-emitting diodes and lasers used in visual-display technologies and audiodisk players already account for more than \$1 billion in sales annually.
8. Hundreds of thousands of satellite-receiving dishes that use GALLIUM ARSENIDE detectors are sold every year, and high-speed circuits using GALLIUM ARSENIDE transistors are projected to reach a similar turnover in a few years.
9. In an economy and society that depend on the rapid exchange of information as well as on the processing of it, many silicon-dominated processors will require a considerable admixture of GALLIUM ARSENIDE components in order to do their jobs.

PÁRRAFO 3

10. GALLIUM ARSENIDE technology has largely followed the course of development charted earlier by workers in silicon.
11. Since the invention of the transistor in 1948 by John Bardeen, Walter H. Brattain and William B. Shockley of Bell Telephone Laboratories, researchers have tried to improve SEMICONDUCTORS in two ways.

12. FIRST, physicists and electrical engineers seek MATERIALS that can switch on and off more quickly and perhaps perform other tasks, such as the detection and generation of light.
13. INDEED, it was toward THESE ENDS that GALLIUM ARSENIDE - which does not occur in nature - was formulated in the 1950's by Heinrich Welker of Siemens Laboratories.
14. HE ALSO investigated closely from elements in the columns of the periodic table adjacent to silicon and germanium, the constituents of the earliest transistors.

PÁRRAFO 4

15. SECOND, ENGINEERS refine the techniques by which semiconductors are manufactured.
16. THIS WORK requires that the semiconductors' chemical and physical traits be specified and that compatible auxiliary materials and processes be developed for the fabrication of insulators, conductors, external connectors and other essential components.
17. SEMICONDUCTORS have to be carefully purified, combined with other substances in precise ratios and formed into perfect crystals;
18. flaws introduced during THE FABRICATION of transistors and circuits must be smoothed away without compromising desired electronic qualities.
19. None of THESE TASKS is easy even now;

20. THEY were harder still in the early years, when a new materials science had to be created from fundamental studies in physics, chemistry, metallurgy and other disciplines.
21. I shall try to guide the reader through THESE INTERTWINING AREAS OF PHYSICS, ENGINEERING, MATERIALS AND ELECTRONICS to show why gallium arsenide is both promising and challenging to bring to market.

PÁRRAFO 5

22. GALLIUM ARSENIDE's most promising property is the great ease with which electrons move through it:
23. when all else is equal, GALLIUM ARSENIDE circuits are faster at equal or lower power than are silicon circuits.
24. Because GALLIUM ARSENIDE consumes less power, IT produces less waste heat that must be drawn from the circuit.
25. THIS QUALITY is particularly valuable because there is a trade-off between A SEMICONDUCTOR's speed and power.

PÁRRAFO 6

26. An engineer must look at the question of SPEED in the context of a device, not a pure crystal of an element or compound.
27. Today SEVERAL KINDS OF TRANSISTOR serve as the essential switching elements in electronic circuitry.

28. Calculations are carried out or data processed by effecting changes in THESE DEVICES.
29. SUCH CHANGES can proceed no faster than the switching speed, the time it takes an electron to traverse the semiconducting region under the control of electrical signals from another part of the circuitry.

PÁRRAFO 7

30. A SEMICONDUCTOR'S SWITCHING SPEED depends on the average velocity it allows an electron to attain -about one million or more centimeters per second- as it encounters numerous obstructions while traveling through a transistor.
31. After many collisions with atoms, ions and each other, THE ELECTRONS acquire a characteristic distribution of velocities that is determined by the electric field driving them and by the way that the residual impurities and the semiconductor's constituent atoms scatter them.
32. ELECTRONS ricochet in all directions, often losing energy in the process, solving their net flow in the direction of the electric field.

PÁRRAFO 8

33. A mechanical analogy helps to explain how physical properties can influence the movement of AN ELECTRON in a semiconductor.
34. TWO DIFFERENT SEMICONDUCTING MATERIALS can be represented by tubes that are lined with stationary and vibrating obstacles and tilted equally with respect to the ground.

- 35. THE OBSTACLES are the scattering mechanism, the tilt provides a gravitational field that corresponds to an electric field and the balls dropped into the tubes represent electrons.
- 36. HERE, the switching speed corresponds to the time it takes THE BALLS to reach the bottom of THE TUBES.
- 37. Electron mobility, ON THE OTHER HAND, is the ease with which THE BALLS evade the obstacles.
- 38. In part, we can think of THIS NIMBLENESS as if it reflected the size of the balls:
- 39. A SMALLER, QUICKER BALL hits fewer obstacles.

PÁRRAFO 9

- 40. In a semiconductor the electrons move through an array of constituent atoms arranged in a crystalline lattice.
- 41. Because THE CONDUCTION ELECTRONS are shared by all the atoms, THE LATTICE has the electronic character of a single tube for the passage of electrons.
- 42. Arrays formed by gallium and arsenic ATOMS, shown in the scanning tunneling electron micrograph below, attract MOVING ELECTRONS less strongly than do arrays of silicon atoms.
- 43. Physicists THEREFORE regard ELECTRONS as having a smaller effective mass in gallium arsenide than they do in silicon.

44. Since OTHER FACTORS are ALSO contributing to higher mobility, it follows that ELECTRONS IN GALLIUM ARSENIDE can generally reach higher velocities over a given distance and travel farther between collisions than can electrons in silicon.

PÁRRAFO 10

45. One might stop scattering altogether by shortening the critical pathways to less than the average distance between ELECTRON COLLISIONS.
46. THAT would ensure that MOST ELECTRONS hurtle through the critical switching area on ballistic paths
47. [see «BALLISTIC ELECTRONS in Semiconductors,» by Mordehai Heiblum and Lester F. Eastman; SCIENTIFIC AMERICAN, February, 1987].
48. BUT practical application of THIS PRINCIPLE is not expected until years after the more conventional gallium arsenide transistors have found their place on the technological menu.

PÁRRAFO 11

49. The ball-and-tube analogy of ELECTRON COLLISIONS pertains only to acceleration under electric fields weaker than 10,000 volts per centimeter.
50. STRONGER FIELDS elicit additional physical interactions that produce so-called saturation as the electrons become effectively heavier;
51. THIS narrows or even reverses gallium arsenide's edge over silicon.

52. IN FACT, GALLIUM ARSENIDE tends to operate at lower optimal voltages than does silicon, making the best circuits of the two kinds of semiconductors hard to connect to one another.
53. VOLTAGE compromises must be made when THE TWO coexist.

PÁRRAFO 12

54. MOBILITY is ALSO important for high frequency, low-noise operation.
55. NOISE, the random fluctuations in voltage that determine the weakest usable signal, can be minimized at high frequencies by maximizing electron mobilities, both in the transistor and in its connections to the rest of the circuit.
56. THE LOWER-NOISE OPERATION of gallium arsenide circuits turns out to be particularly valuable for the detection of television and microwave signals.

PÁRRAFO 13

57. THE OTHER MAJOR SUPERIORITY OF GALLIUM ARSENIDE OVER SILICON lies in the much greater ease with which the separations between its electronic bands, or energy levels, can be engineered.
58. SUCH «BAND-GAP ENGINEERING» can produce versatile optoelectronic capabilities and more flexible transistor designs.
59. AN ELECTRONIC BAND, which defines the range of energies an electron can have, is the broadened form of an energy state of an electron orbit in an individual atom.

- 60. In a pure semiconductor THE VALENCE BAND (which contains the electrons providing chemical bonding) is essentially filled;
- 61. THE NEXT HIGHER LEVEL, THE CONDUCTION BAND, is essentially empty.
- 62. Mobile charges in THESE BANDS are created by a process called doping, which is the precise addition of trace impurities to the host semiconductor.
- 63. Regions that have electrons IN THE CONDUCTION BAND, called n-type semiconductors, are made by DOPING with atoms that function as electron donors;
- 64. P-TYPE REGIONS are formed by creating positively charged holes (missing electrons in the valence band).

PÁRRAFO 14

- 65. The energy difference between the top of THE VALENCE BAND and the bottom of the conduction band is called the band gap.
- 66. IT is larger in gallium arsenide than in silicon, but IT can be narrowed or widened by judicious substitution (alloying) with other atoms.
- 67. If aluminum, FOR EXAMPLE, IS FULLY SUBSTITUTED for gallium to create aluminum arsenide, A MUCH WIDER BAND GAP is attained.
- 68. PARTIAL SUBSTITUTIONS produce band gaps directly proportional to the fraction of aluminum in the alloy.
- 69. OTHER VALUABLE ALLOYS are created by substituting some indium for gallium, some phosphorus for arsenic, or both at the same time.

PÁRRAFO 15

70. ALLOYS OF ALUMINUM GALLIUM ARSENIDE have spacings between atoms that match those of pure gallium arsenide so closely that the two materials can be fitted together atom by atom without defects.
71. VERY THIN LAYERS OF TWO OR MORE ALLOYS can be alternated to create heterojunctions, structures whose band gaps vary from layer to layer.
72. ONE EXAMPLE is the semiconductor superlattice invented by Leo Esaki and his colleagues at IBM.
73. IN THIS STRUCTURE, alternating layers of aluminum gallium arsenide and gallium arsenide are deposited onto a gallium arsenide substrate.
74. Electrons moving parallel to THE LAYER PLANES IN SUCH A MULTIDECKER SANDWICH would normally be confined to the lower band-gap layers of gallium arsenide.
75. FOR THEM TO MOVE AT RIGHT ANGLES TO THE LAMINATIONS, OR LAYERS, THEY must penetrate or go over the aluminum gallium arsenide band-gap barriers.
76. By varying THE NUMBER, WIDTH AND COMPOSITION OF THE LAYERS, one can manipulate the electronic and physical attributes of the semiconducting heterojunctions.

PÁRRAFO 16

77. Perfect crystal-to-crystal growth is essential in the exploitation of GALLIUM ARSENIDE'S FLEXIBLE BAND GAP.

78. Unfortunately, MANY GALLIUM ARSENIDE ALLOYS that have desirable electronic properties exhibit unsuitable atomic spacings;
79. THEIR CRYSTALLINE LATTICES do not mesh with each other or with gallium arsenide.
80. If TWO MISMATCHED CRYSTALS are laminated, ROWS OF ATOMS are occasionally skipped at the joining faces, creating faults that can propagate through a layer and destroy its electronic usefulness.
81. THIS EFFECT limits the range of substances that can be conjoined.
82. SOME LATTICE MISMATCH can be accommodated by keeping one of the crystalline layers very thin, but this requirement also restricts design.

PÁRRAFO 17

83. Big changes in band-gap size can sometimes be accommodated by employing A DIFFERENT SUBSTRATE.
84. FOR EXAMPLE, INDIUM PHOSPHIDE SUBSTRATES are used in the indium-gallium arsenide-phosphide lasers that are optimal for long-distance optical-fiber communications.

PÁRRAFO 18

85. Sometimes one can avoid DIRECT MISMATCHES between two crystalline layers that have desirable electronic qualities by separating them with specially tailored superlattice buffers.

- 86. THE BUFFERS are made from various alloys whose crystals have atomic spacings that are intermediate between those of the active layers;
- 87. THEY gradually absorb the mechanical strain over several layers.
- 88. THE BUFFERS ALSO can insulate circuits from any residual defects in the gallium arsenide substrate.
- 89. Greatly improved lasers and transistors have been built using SUPERLATTICE BUFFER LAYERS.

PÁRRAFO 19

- 90. In 1979 Raymond Dingle and his colleagues at Bell Laboratories demonstrated a design for heterojunction field-effect transistors that placed a gallium arsenide channel UNDER A LAYER OF ALUMINUM GALLIUM ARSENIDE.
- 91. THEY realized that after a dopant atom IN A GALLIUM ARSENIDE LAYER has donated an electron to the conduction band it becomes a positive ion that will scatter other electrons.
- 92. SO THE WORKERS physically separated THE DONOR ATOMS from the gallium arsenide by placing DOPANTS in an adjacent layer of aluminum gallium arsenide.
- 93. ELECTRONS DONATED BY THE DOPANTS move to the lower conduction band of the nearby gallium arsenide layer.
- 94. THEY THEREFORE move faster than would have been the case had the ionized donor atoms remained in the channel, thus blocking the electron's paths.

95. THIS TECHNIQUE, called modulation doping, was quickly incorporated into gallium arsenide field-effect transistors at Fujitsu Laboratories in Japan and Thomson-CSF in France.
96. IT increases electron mobility by only 20 percent at room temperature.
97. When cooled TO 77 KELVIN (77 DEGREES CELSIUS ABOVE ABSOLUTE ZERO), transistors based on modulation doping offer ABOUT THREE TIMES THE MOBILITY of conventionally doped devices.

PÁRRAFO 20

98. ANOTHER MATERIAL ASPECT OF GALLIUM ARSENIDE that may help speed circuits is the capacity of its wafers to serve as semi-insulators.
99. WAFERS are the substrates on which devices and circuitry are formed.
100. SUBSTRATES of silicon, because of the material's smaller band gap and greater amount of activated residual (unwanted) dopants, are always to some extent electrically conductive, and THEY therefore add capacitance, or electrical drag, that reduces the speed with which electrons traverse a circuit.
101. GALLIUM ARSENIDE'S WIDER BAND GAP allows it to be prepared in semi-insulating form either by keeping the substrates utterly free of active dopants or by incorporating special self-compensating dopants that almost completely cancel the effect of residual dopants.
102. SUCH ADVANTAGES over silicon may not persist at levels of integration beyond several thousand circuits per chip, at which point the capacitance between the numerous closely spaced wires connecting the circuits become the crucial limit to signal speed.

PÁRRAFO 21

103. In addition to electron mobility and band-gap flexibility, GALLIUM ARSENIDE'S THIRD AND MOST DRAMATIC ADVANTAGE OVER SILICON is its capacity to radiate and detect near-infrared radiation.
104. In gallium arsenide the potential energy of an electron moving from the conduction to the valence band can easily be given up as a quantum of ELECTROMAGNETIC RADIATION, or photon.
105. The same reaction in silicon generally requires A NONRADIATIVE REACTION, such as a collision, in order to conserve momentum.
106. THIS DIFFERENCE in band-gap properties explains why gallium arsenide can support optoelectronic functions and silicon cannot.

PÁRRAFO 22

107. A GALLIUM ARSENIDE RADIATION SOURCE consists of a diode in which two regions are oppositely doped, giving the p-type one an abundance of holes (in the valence band) and the n-type one an abundance of electrons (in the conduction band).
108. Voltage applied to SUCH A P/N DIODE injects holes and electrons into the boundary between the two regions, creating excess populations of electrons and holes.
109. When AN ELECTRON AND A HOLE combine, annihilating one another, the ELECTRON'S band-gap energy is released as a photon.

PÁRRAFO 23

110. THIS WONDERFULLY EFFICIENT ELECTRON/HOLE RECOMBINATION (which under certain circumstances can convert most of the electrical energy into light) can be used in a straightforward manner to create a familiar electronic component: the light-emitting diode (LED).
111. LED'S of aluminum gallium arsenide or gallium arsenide phosphorus are seen in many electronic displays as flashing red or yellow dots, respectively.
112. Tens of millions of THEM are made every year.

PÁRRAFO 24

113. A laser diode generates MORE CONCENTRATED RADIATION.
114. The faces of the crystal that forms THE DEVICE are perfectly parallel and act as semitransparent mirrors.
115. Light reflects back and forth through THE RECOMBINATION REGION, where it simulates the emission of radiation that has the same wavelength and directionality.
116. THE RESULTING BEAM is highly coherent.
117. THE ORIGINAL SEMICONDUCTOR DIODE LASERS were made from gallium arsenide p/n junctions in independent experiments at IBM and General Electric in 1962.
118. ADVANCED BAND-GAP ENGINEERED DESIGNS depend on structures containing layers of different compositions.

119. FOR EXAMPLE, GALLIUM ARSENIDE LASERS emit radiation at near-infrared wavelengths because THE BAND GAP OF GALLIUM ARSENIDE corresponds to an energy just below that of visible photons.
120. Alloying GALLIUM ARSENIDE with one or more elements (aluminum, indium, phosphorus) shifts the gap to higher or lower values, pushing the output farther into the infrared or moving it into the visible region.

PÁRRAFO 25

121. EQUALLY IMPORTANT is the capacity of GALLIUM ARSENIDE AND ITS ALLOYS to detect light by reversing the reaction underlying LED's and laser diodes.
122. THE RESULTING PHOTODETECTORS can be tuned to a given wavelength by means of the same band-gap engineering techniques that are used to tune laser diodes.
123. Because GALLIUM ARSENIDE PHOTODETECTORS are so efficient, THEY can respond far faster than silicon ones.
124. THEY have the additional virtue of being easily integrated into high-speed gallium arsenide electronic circuitry.

PÁRRAFO 26

125. SUCH INTEGRATION is a major goal for economic and functional reasons.

126. FIRST, like all miniaturization, IT would greatly reduce the unit costs of the device (allowing a single wafer to produce scores of chips, each containing thousands of circuits).
127. SECOND, by placing A PHOTODETECTOR extremely close to the circuit that first amplifies it (the «front-end» circuit), one can design the connection between THE TWO ELEMENTS so as to minimize the antennalike pickup of unwanted signals from neighboring circuits, called cross talk -a major problem in circuits connected to nonintegrated detectors by conventional wire links.
128. BEYOND THE INTEGRATION OF OPTICAL AND ELECTRONIC FUNCTIONS lies the more speculative prospect of chips in which one optical signal directly modulates another.
129. MANY SUCH DEVICES have been proposed, but ALL are far from realization.

PÁRRAFO 27

130. BESIDES THE ABILITY TO GENERATE AND DETECT LIGHT, other advantages make gallium arsenide the potential technology of choice in specific applications.
131. FOR EXAMPLE, ITS wide range of operating temperatures and great resistance to high-energy radiation make IT valuable for automotive and military applications, respectively.

PÁRRAFO 28

132. It is not enough to identify GALLIUM ARSENIDE'S PROPERTIES and devise ways of exploiting THEM;

133. one must ALSO make THE PRODUCTS THEMSELVES at high quality and low cost.
134. THIS PROBLEM OF MANUFACTURING TECHNOLOGY, to which we now turn, is in many ways the most formidable of all.

PÁRRAFO 29

135. Gallium arsenide, like silicon, FORMS ELECTRONIC ELEMENTS in accordance with rules set by its physical and chemical characteristics.
136. THESE RULES are complicated by the need for many components in an integrated circuit that are not made of semiconductors.
137. AMONG THEM are the metal connectors that link the elements, the insulators that separate them, the resistors and capacitors that control the flow of current and the dopants that supply electrons or holes.

PÁRRAFO 30

138. One of the most serious shortcomings of GALLIUM ARSENIDE AND ITS RELATED ALLOYS is the lack of a usable native oxide, such as that which silicon forms when heated in air.
139. SILICON OXIDE constitutes an electronic and mechanical seal that has a variety of applications.
140. In field-effect transistors, SILICON OXIDE provides the insulation between the gate and the channel.

- 141. In bipolar transistor circuits, SILICON OXIDE provides insulation between adjacent transistors.
- 142. SILICON OXIDE can ALSO be exploited as a tool in the fabrication of transistors and circuits on chips;
- 143. IT provides a protective mask through which windows can be cut to allow reactive chemicals to etch patterns, deposited metal to build conducting films and added dopants to activate particular regions.

PÁRRAFO 31

- 144. Gallium arsenide technologists INSTEAD must form insulators and masking structures by OTHER, OFTEN LESS CONVENIENT MEANS.
- 145. A common design for a field-effect transistor places a metal gate directly in contact with GALLIUM ARSENIDE, which produces a controllable channel by means of an effect called Schottky barrier formation.
- 146. OTHER DESIGNS grow thin crystalline layers of aluminum gallium arsenide as insulator like barriers.
- 147. Whereas ALUMINUM GALLIUM ARSENIDE provides flexibility for modulation doping, as described above, neither THIS TECHNIQUE nor the Schottky barrier allows the range of operating voltages afforded by silicon oxide insulators.

PÁRRAFO 32

- 148. ANOTHER MAJOR DISADVANTAGE OF GALLIUM ARSENIDE AND RELATED COMPOUNDS derives from the very fact that they are compounds.

149. Whereas defects in elemental silicon can be annealed by heating the crystal so as to shake any wayward atoms into line, IN GALLIUM ARSENIDE this process competes with the selective vaporization of arsenic.
150. DEFECTS arise from many of the processing steps in the fabrication of integrated circuits.
151. IN PARTICULAR, dopants are typically added by accelerating ions to implant them into THE SEMICONDUCTOR.
152. In the case of silicon THE RESULTING DAMAGE can be removed, and ALL OF THE IMPLANTED DOPANTS can be eased into their proper places in the crystal by annealing the material at nearly 1,000 degrees C for several minutes (during which the silicon oxide coat prevents the dopants from boiling off).
153. BUT ION-IMPLANTED GALLIUM ARSENIDE cannot be annealed so successfully, even when the temperature is kept as low as 800 degrees C.
154. Special precautions to retain THE ARSENIC AND THE DOPANT achieve only partial success:
155. ONLY 90 TO 95 PERCENT OF THE ORIGINALLY IMPLANTED DOPANTS are generally activated.

PÁRRAFO 33

156. NEW TECHNIQUES based on annealing cycles of only a few seconds and special capping layers (which form a seal) are now being tested, but so far no practical method of carrying annealing to completion has been devised for gallium arsenide.

157. THEREFORE, DEVICE CHARACTERISTICS tend to vary across a chip, which, along with other factors, places limits on the level of integration that can be achieved.
158. Whereas A SILICON CHIP OF A SQUARE CENTIMETER can now hold more than a million transistors, THE STATE-OF-THE-ART GALLIUM ARSENIDE CHIP can accommodate only tens of thousands of components.
159. Because the cost of processing A GALLIUM ARSENIDE WAFER is the same as or even more than that of processing a silicon wafer (both of which contain many scores of chips), THIS COMPARATIVELY LOW LEVEL OF INTEGRATION becomes a distinct disadvantage.
160. A FURTHER ECONOMIC HANDICAP is imposed by the smaller size of today's gallium arsenide wafers:
161. usually THEY measure only three to four inches in diameter.
162. SILICON WAFERS currently used in manufacturing have a diameter of five to eight inches.

PÁRRAFO 34

163. Applications of gallium arsenide have been mainly limited to devices for which the relatively high unit cost is affordable because the function is unique.
164. THE SEMICONDUCTOR is most commonly used in front-end, high-speed receivers, in which fast response and low noise are needed, and in optical generation, for which there is no substitute material.

165. APPLICATIONS in digital circuitry are beginning to follow in the highest-performing computers, and there are proposals for the use of gallium arsenide in future microprocessors.

PÁRRAFO 35

166. Perhaps THE MOST FAMILIAR FRONT END APPLICATION of gallium arsenide detectors is seen at the focus of satellite dish antennas.
167. COMMUNICATIONS SATELLITES employ microwaves of up to 12 gigahertz, a spectral region in which gallium arsenide's speed clearly leaves it without peer.
168. Not only can GALLIUM ARSENIDE convert these wavelengths to clear electronic signals, IT can also amplify the weak initial electrical signals almost noiselessly.
169. Silicon amplifiers can switch THAT RAPIDLY only by using transistor connections that add enough noise to drown out the weak signals.
170. The advance of integration should eventually make it economical to expand the use of THESE FRONT-END DEVICES into such commercial products as the television tuners that were recently demonstrated by several companies in Japan and Europe.
171. THESE TUNERS can be expected to deliver clearer pictures in areas where reception is marginal.

PÁRRAFO 36

172. GALLIUM ARSENIDE'S MOST IMPORTANT GROWING APPLICATION is undoubtedly in the photonic transmission of information.

- 173. Light propagation in fibers can carry MUCH MORE INFORMATION and carry IT farther than can electrical signals in ordinary metal wires.
- 174. The linking of digital and other systems by OPTICAL FIBERS is increasing at a rapid pace.
- 175. TRANSCONTINENTAL AND TRANSOCEANIC FIBERS are already in use, and fiber is spreading through the telephone and cable-television systems toward home and office.
- 176. OPTICAL FIBERS are ALSO being used to extend the distance and speed of computer connections.
- 177. SUCH LINKAGES will increasingly become part of the digital-processing system itself.
- 178. Some analysis believe that OPTOELECTRONICS will have as great an effect on society in the coming years as digital computing has had already.

PÁRRAFO 37

- 179. THE LASER DIODE is to the gas laser as the transistor is to the vacuum tube;
- 180. THE SAME ANALOGY holds for LED's when compared with incandescent bulbs.
- 181. IN EACH CASE the semiconductor is smaller, more efficient and cheaper to make and operate than is its bulky analogue.
- 182. THE MARGIN OF ADVANTAGE is not measured in a few percentage points but in orders of magnitude.

- 183. THESE DIFFERENCES make possible such new applications as the compact-disk player.
- 184. THIS CONSUMER PRODUCT employs an aluminum gallium arsenide laser to read data encoded as marks on a rotating disk.
- 185. AN ALUMINUM GALLIUM ARSENIDE LASER operating at higher power is an essential component of a related device, a computer data-storage unit based on an optical disk.

PÁRRAFO 38

- 186. SUCH SOLID STATE LASERS are particularly apt candidates for bandgap engineering.
- 187. THIS TECHNIQUE can be used to control precisely the wavelength that the laser emits.
- 188. VISIBLE LIGHT IN THE RED WAVELENGTHS is emitted by lasers made from layers of lattice-matched, aluminum-gallium-indium-phosphide grown on gallium arsenide substrates.
- 189. THESE DEVICES are being tested as replacements for cumbersome gas lasers in such applications as the bar-code scanners that check groceries at cashier counters or automobile parts in factory assembly lines.
- 190. INDIUM-GALLIUM-ARSENIDE-PHOSPHIDE LASERS are widely used in long-distance communications because their output can be tuned to the infrared wavelengths near 1.3 or 1.55 micrometers, which are the least easily absorbed in optical fibers.

PÁRRAFO 39

191. So far workers in optoelectronics have largely concentrated on improving the operation of DISCRETE DEVICES rather than on integrating THEM into a single unit that can be embodied in a chip.
192. In part, THIS FOCUS is the heritage of the pioneering role played by long-distance telephone companies, which needed the optical links in applications where the unit cost was of secondary importance, because IT could be spread over many telephone conversations.
193. HENCE, COMMERCIAL DEVICES employ separate chips for the lasers, the detectors and the transistors.

PÁRRAFO 40

194. Progressive linking of computers by optical fibers will require LARGE NUMBERS OF MUCH LESS EXPENSIVE OPTOELECTRONIC DEVICES.
195. SUCH DEVICES can be made at affordable unit prices only through techniques of large-scale integration.
196. Optoelectronic links will eventually have to transmit data at one billion bits per second or more, rates that in principle can be achieved by EITHER FIELD-EFFECT OR BIPOLAR GALLIUM ARSENIDE TRANSISTORS.
197. Advanced silicon transistors of the bipolar design can ALSO serve THIS FUNCTION.

198. YET GALLIUM ARSENIDE FIELD-EFFECT DEVICES have become the technology of choice because THEY dissipate less power and can later be extended to still higher operating speeds.

PÁRRAFO 41

199. In 1979 Amnon Yariv and his colleagues at the California Institute of Technology built THE FIRST INTERCONNECTED TRANSISTOR AND LASER ON A GALLIUM ARSENIDE CHIP.
200. Matsushita and NEC Central Research Laboratories in Japan have ALSO made SIMILAR INDIUM-PHOSPHIDE-BASED DEVICES;
201. EXPLORATORY WORK IN VARIOUS COMPOUNDS continues in many other laboratories.
202. THE MAJOR PRACTICAL CHALLENGE consists in overcoming the mismatches between the processing steps by which optimal versions of both the transistors and the lasers can be fabricated on a single chip.

PÁRRAFO 42

203. My colleagues in the advanced gallium arsenide technology laboratory and other IBM facilities, working at three centers in New York State and one in Switzerland, recently built and packaged a trio of CHIPS that transmit one billion bits per second.
204. NONE OF THIS SPEED will go to waste:

205. transmission links must be ABOUT 10 TIMES FASTER than the computers they connect.
206. THAT is because THE LINKS transmit data in series, whereas COMPUTERS process data in eight-bit batches, or bytes (with two bits added to check for errors in transmission).
207. THE FASTEST COMPUTERS already produce a stream of data that outstrips the carrying capacity of copper cable at distances beyond 200 meters (where the closely spaced electrical signals begin to blur.
208. Optoelectronic systems with their vastly greater bandwidth, are replacing CABLE AT PROGRESSIVELY SHORTER DISTANCES;
209. eventually THEY will be used to route information within the computer itself.

PÁRRAFO 43

210. Our circuit is a package consisting of three chips and a connecting bundle of optical fibers.
211. THE FIRST CHIP, a gallium arsenide transmitter, serializes bytes arriving at a rate of 100 million per second and feeds them to the second chip, an aluminum gallium arsenide laser array.
212. ONE OF ITS FOUR LASERS flashes the signal over an optical fiber at one billion bits per second to the third chip, a gallium arsenide receiver, one of whose four built-in electronic photodetectors converts the signal to electronic pulses.

213. THESE PULSES directly feed into gallium arsenide transistors, which amplify them.
214. Other circuits on the receiving chip the deserialize THE SIGNALS into bytes.
215. At either end of the optoelectronic link, the gallium arsenide transmitter and receiver chips connect to silicon circuitry that actually processes THE BYTES as part of a computer.
216. BUT as data-processing rates increase, GALLIUM ARSENIDE can be expected to work its way into the digital circuitry of the systems being interconnected.

PÁRRAFO 44

217. THAT CIRCUITRY lies at the heart of digital computing, a field of paramount importance in which gallium arsenide has found little application to date.
218. MOST COMMON DIGITAL APPLICATIONS require circuits having higher levels of integration - and thus lower unit circuit costs - than gallium arsenide has yet achieved.
219. GALLIUM ARSENIDE'S speed advantage has been exploited only IN SOME «HIGH-END» DIGITAL APPLICATIONS in mainframe computers and supercomputers, which emphasize performance more than cost.
220. (SUPERCOMPUTERS achieve clock speeds of up to 200 megahertz, about six times faster than those of the fastest desk-size machines.)
221. MOREOVER, THESE SPECIALIZED APPLICATIONS give silicon less of an edge in miniaturization, because THE MOST POWERFUL SILICON TRANSISTORS generate so much heat that their density must be carefully limited.

222. CIRCUITS must THEREFORE be scattered over a number of chips, thereby creating a new bottleneck in the form of interchip -transmission delays.
223. Computer engineers try to minimize SUCH DELAYS by packaging related chips closely together.

PÁRRAFO 45

224. Silicon will continue to serve as the stuff of digital computing unless gallium arsenide technology can be pushed to higher levels of INTEGRATION AND PACKAGING COMPATIBILITY.
225. Interchip delays must ALSO be minimized so that any advantages on the level of THE CHIP can be realized in the entire system.
226. Supercomputer projects in Japan and the U.S. are using MODEST LEVELS of gallium arsenide CIRCUIT INTEGRATION AND SOPHISTICATED PACKAGING TECHNIQUES.
227. Clock speeds of as high as 300 megahertz are envisioned FOR THE CRAY-3 SUPERCOMPUTER, THE FIRST OF ITS KIND TO BE BASED ON GALLIUM ARSENIDE.

PÁRRAFO 46

228. Not all the competitive disadvantages of GALLIUM ARSENIDE are technical.
229. Although GALLIUM ARSENIDE TECHNOLOGY has employed many methods that were pioneered in silicon, such as photolithography, THIS ADVANTAGE is offset by the enormous past investment in silicon, which therefore tends to get the nod over gallium arsenide wherever its performance is not notably the worse.

230. FURTHERMORE, because most of the new investment in SEMICONDUCTOR RESEARCH still flows to silicon, THE ESTABLISHED MATERIAL continues to present a formidable moving target.
231. GALLIUM ARSENIDE'S ADVANTAGES in speed, low noise and optoelectronics must become valued enough to overcome the challenge of manufacturing economic unless or until the technology catches up silicon.

PÁRRAFO 47

232. A technological path by which GALLIUM ARSENIDE may one day invade general digital computing is suggested by reduced instruction set computing (RISC), a new technique that speeds processing on chips by using a reduced number of elements to execute specialized functions.
233. Several companies producing workstations have projected the development of RISC to speeds that only GALLIUM ARSENIDE could handle.
234. TODAY'S RISC CHIPS are based on silicon transistors that process about 35 million instructions per second.
235. Existing silicon technology can accommodate a tripling of THIS RATE.
236. SPEEDS OF BEYOND 100 MILLION INSTRUCTIONS PER SECOND can be can be achieved only by gallium arsenide transistors.
237. Economic feasibility in workstations demands that AT LEAST 40,000 TRANSISTORS be packed on a chip, a level of integration that has already been achieved by several companies in California's «Gallium Gulch»;

238. THE COMPANIES can be expected to market fully validated circuit designs within a year or two.
239. Perhaps THEN, when computers, computer links, televisions and compact disks all contain GALLIUM ARSENIDE, we will be able to say that THE TECHNOLOGY OF THE FUTURE has finally arrived.

ANEXO 4

THE SILICON RETINA

0. A CHIP based on the neural architecture of THE EYE proves a new, more powerful way of doing computations.

PÁRRAFO 1

1. THE EYE is the window through which the mind perceives the world around it.
2. IT IS ALSO A WINDOW THROUGH WHICH to discern the workings of the brain.
3. The retina, a thin sheet of tissue that lines the orb of THE EYE, converts raw light into the nerve signals that the brain interprets as visual images.
4. THIS TINY OUTPOST OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM must extract all the essential features of the visual scene rapidly and reliably under lighting conditions that range from the dark of a moonless night to the stark glare of the noontime sun.

PÁRRAFO 2

5. THE RETINA's ability to perform THESE TASKS outstrips that of the most powerful supercomputers.
6. YET individual neurons in THE RETINA are about a million times slower than electronic devices and consume one ten-millionth as much power.

7. THEY ALSO operate with far less precision than do digital computers.
8. Understanding how the retina manages THIS FEAT will undoubtedly yield profound insights into the computational principles of other, less accessible regions of the brain.

PÁRRAFO 3

9. Clearly, BIOLOGICAL COMPUTATION must be very different from its digital counterpart.
10. To elucidate THIS DIFFERENCE, we decided to build a silicon chip inspired by the neural architecture and function of the retina.
11. OUR ARTIFICIAL RETINA generates, in real time, outputs that mimic signals observed in real retinas.
12. Our success persuades us that THIS APPROACH not only clarifies the nature of biological computation but also demonstrates that the principles of neural information processing offer a powerful new engineering paradigm.

PÁRRAFO 4

13. CONVENTIONAL ELECTRONIC IMAGE-PROCESSING SYSTEMS bear little resemblance to the human retina.
14. Typically THEY consist of a photosensitive array that delivers signals corresponding to the absolute value of the illumination at each point in an image, backed by a formidable computer that attempts to extract geometric features from the resulting digital data.

PÁRRAFO 5

15. The retina, IN CONTRAST, CONTAINS FIVE LAYERS OF CELLS, through which INFORMATION flows both vertically (from one layer to the next) and horizontally (among neighboring cells in the same layer).
16. The sensing of photons and the processing of THE INFORMATION THEY CONTAIN are inextricably combined.
17. We believe that THIS ARCHITECTURE is crucial to the formation of visual images.

PÁRRAFO 6

18. THE TOP THREE LAYERS OF THE RETINA - photoreceptors, horizontal cells and bipolar cells - are the best understood.
19. THESE OUTER LAYERS are the ones whose organization we have chosen to emulate in the silicon retina.

PÁRRAFO 7

20. THE FIRST LAYER consists of rod and cone cells that convert incoming light to electrical signals.
21. HORIZONTAL CELLS - THE SECOND LAYER - make connections to both photoreceptors and bipolar cells through the triad synapse.
22. EACH HORIZONTAL CELL IS ALSO CONNECTED TO its neighbors by gap junctions through which ions diffuse.

- 23. The potential of ANY GIVEN HORIZONTAL CELL is THUS determined by the spatially weighted average of the potentials of cells around it.
- 24. NEARBY CELLS make THE STRONGEST CONTRIBUTION;
- 25. DISTANT ONES, RELATIVELY LESS.

PÁRRAFO 8

- 26. EACH BIPOLAR CELL receives inputs from a photoreceptor and a horizontal cell and then produces a signal proportional to the difference between the two.
- 27. Information from THE BIPOLAR CELL passes through the amacrine cell layer to the ganglion cells and thence toward the optic nerve.

PÁRRAFO 9

- 28. The most crucial function of THE FIRST THREE LAYERS is adaptation.
- 29. THE PHOTORECEPTORS, HORIZONTAL CELLS AND BIPOLAR CELLS take widely varying amounts of incoming light and ADAPT their response to produce a signal with a much narrower dynamic range that nonetheless captures the important information in a scene.
- 30. ADAPTATION is necessary if the system is to respond sensitively to small local changes in the image against a background whose intensity may vary by a factor of a million from midnight to high noon.

PÁRRAFO 10

- 31. The retina copes with THIS TREMENDOUS RANGE in several stages.
- 32. THE FIRST BIOLOGICAL TRICK is to use two different kinds of receptors:
- 33. RODS are sensitive to low light levels and CONES to higher ones.
- 34. FURTHERMORE, THE CONES THEMSELVES can alter the range of light intensities to which they respond, depending on the average long-term brightness in a scene.
- 35. (THESE ADAPTIVE MECHANISMS explain why people stepping into bright sunlight from semidarkness experience the scene as washed out and overexposed).

PÁRRAFO 11

- 36. THE BIPOLAR CELLS have a narrower dynamic range than either THE RODS OR THE CONES.
- 37. The crucial element in enhancing THEIR RESPONSE to the important elements in an image is the triad synapse.
- 38. THE TRIAD SYNAPSE mediates feedback between the horizontal cells and the cones.
- 39. AS A RESULT, THE BIPOLAR CELL does not have to respond to the absolute brightness of the scene;

40. IT RESPONDS only to the difference between the photoreceptor signal and the local average signal as computed by the horizontal cell network.

PÁRRAFO 12

41. IN ADDITION, BOTH THE PHOTORECEPTORS AND THE HORIZONTAL CELLS produce logarithmic signals, so that the output of the bipolar cell - the difference between the two - actually corresponds to the ratio of local light intensity to background intensity, irrespective of the absolute light level.
42. Performing FURTHER VISUAL PROCESSING in terms of the intensity ratio enables the retina to see detail in shaded and bright areas within the same scene.

PÁRRAFO 13

43. THIS LOCAL ADAPTATION does not just ensure reliable signaling of small changes in image brightness.
44. IT ALSO suppresses features of images that are not of interest while enhancing those that are.
45. LARGE, UNIFORM AREAS produce only weak visual signals because the impulses from any single photoreceptor are essentially canceled by the spatial average signal from the horizontal cell network.
46. EDGES, IN CONTRAST, produce strong signals because receptors on both sides of the edge sense light levels significantly different from the local average.

PÁRRAFO 14

47. THE RELATIVELY SLOW TEMPORAL RESPONSE OF THE HORIZONTAL CELL NETWORK ALSO enhances the visual system's response to moving images.
48. Photoreceptors produce signals from the image of A MOVING OBJECT while the horizontal cell signal against which they are compared is still reporting the previous intensity level.
49. Unlike a camera, which produces a single snapshot of AN IMAGE, THE RETINA devotes itself largely to reporting changes.

PÁRRAFO 15

50. By the mid-1980s neuroscientists had learned enough about THE OPERATION OF NERVES AND SYNAPSES to know there is mystery to what they do.
51. In no single instance is there a function, done by A NEURAL ELEMENT that cannot, from the point of view of a systems designer, be duplicated by electronic devices.
52. Our goal in building A SILICON RETINA was not to reproduce the biology to the last detail but rather to create a simplified version that contains the minimum structure needed to mimic the biological function.

PÁRRAFO 16

53. Each pixel of OUR MODEL RETINA consists of three parts: a photoreceptor, horizontal cell connections and a bipolar cell.

- 54. THE PHOTORECEPTOR includes both a photosensitive element and a feedback loop that mimics the slow adaptive mechanism of cones in the biological retina.
- 55. THE PHOTSENSOR, a bipolar transistor, produces a current proportional to the number of photons it absorbs.
- 56. THE FEEDBACK LOOP amplifies the difference between the instantaneous photocurrent and its long-term average level.
- 57. The output voltage of THIS CIRCUIT is proportional to the logarithm of the light intensity.

PÁRRAFO 17

- 58. At its utmost sensitivity, THE PHOTORECEPTOR can form images from light fluxes of about 100,000 photons per second - about the intensity of light from a moonlit scene focused on the chip through a standard camera lens.
- 59. (THAT is ALSO near the low end of the operating range of vertebrate retina cones.)
- 60. LARGE CHANGES IN INTENSITY saturate the photoreceptor response until it has adapted to the new light level.

PÁRRAFO 18

- 61. To imitate the horizontal cells, we built a simple hexagonal network of resistors and capacitors.

- 62. Each node in THE NETWORK is linked to a single photoreceptor and, through identical variable resistors, to its six neighboring nodes.
- 63. THE CAPACITORS correspond to the charge storage capacity of horizontal cell membranes, whose fine branching present a large surface for storing ionic charge from the extracellular fluid.
- 64. THE RESISTORS, MEANWHILE, model the gap junctions that couple adjacent horizontal cells in the vertebrate retina.

PÁRRAFO 19

- 65. The voltage of EACH NODE IN THE HORIZONTAL CELL NETWORK THEREFORE presents a spatially weighted average of the photoreceptor inputs to the network.
- 66. By varying the value of THE RESISTOR, we can modulate the effective area over which signals are averaged
- 67. - the greater THE RESISTANCE, the smaller the area over which the signals can spread-.
- 68. THE HORIZONTAL CELLS also feed back to THE PHOTORECEPTORS and reduce their response to areas of uniform intensity.

PÁRRAFO 20

- 69. The final output of each pixel in the silicon retina comes from an amplifier that senses the voltage difference between THE OUTPUT OF A PHOTORECEPTOR UNIT AND THE CORRESPONDING NODE IN THE HORIZONTAL CELL NETWORK.

70. The behavior of THIS AMPLIFIER resembles that of the vertebrate bipolar cell.

PÁRRAFO 21

71. THE RESULT is a semiconductor chip containing roughly 2,500 pixels - photoreceptors and their associated image-processing circuitry - in a 50-by-50 array.

72. THE RETINA CHIP ALSO incorporates wiring and amplifier circuits that enable us either to study the output of each pixel individually or to scan the outputs of all the pixels and feed them to a television monitor, which displays the image processed by the entire array.

73. (THE RETINA has gone through about 20 iterations, each requiring a few months for the chip's design and fabrication.

74. IT continues to evolve and to generate new, special-purpose designs to test particular hypotheses about image formation.)

PÁRRAFO 22

75. The behavior of THE ADAPTIVE RETINA is remarkably similar to that of biological systems.

76. We FIRST examined how THE OUTPUT OF A SINGLE PIXEL responds to changes in light intensity when the surrounding cells are at a fixed background illumination.

77. THE SHAPE OF THE RESPONSE CURVE is similar to that of bipolar cells in the vertebrate retina.
78. IN ADDITION, changes in the background illumination alter the potential of the horizontal cell network so that the response curve of the silicon retina shifts in the same manner as IN BIOLOGICAL RETINAS.

PÁRRAFO 23

79. THE SILICON RETINA ALSO has a temporal response that closely resembles that of bipolar cells.
80. When the intensity of light is suddenly increased, there is A LARGE JUMP IN OUTPUT VOLTAGE, equal to the difference between the new input and the previous average voltage stored in the resistive network.
81. THE RESPONSE THEN settles down to a plateau as the network computes a new average voltage.
82. When the light is suddenly decreased to its original intensity, the output voltage plunges below its original value because THE NETWORK now has A LARGER AVERAGE POTENTIAL than it had originally.
83. FINALLY, as THE NETWORK returns to THE ORIGINAL AVERAGE VALUE, the output also returns to its former state.
84. In a biological retina the slow response of THE HORIZONTAL CELLS ensures that rapid fullfield changes in intensity - which might correspond to the shadow of a predator passing over an animal - pass through the bipolar cells without attenuation.

PÁRRAFO 24

85. IN SUBSEQUENT TESTS, we found our silicon retina to be subject to many of the same optical illusions that humans perceive.
86. THE MOST OBVIOUS ILLUSION is that of simultaneous contrast:
87. a gray square appears DARKER WHEN PLACED AGAINST A WHITE BACKGROUND THAN WHEN PLACED AGAINST A BLACK BACKGROUND.
88. OTHER ILLUSIONS include the Mach bands (apparent bright and dark bands adjacent to transitions from dark to light) and the Herring grid, in which gray spots appear at the intersection of a grid of white lines.

PÁRRAFO 25

89. SUCH OPTICAL ILLUSIONS provide important insight into the biological retina's role in reducing the bandwidth of visual information an extracting only the essential features of the image.
90. THE ILLUSIONS are created because the retina selectively encodes visual information.
91. That our retinal model also sometimes generates AN ILLUSORY OUTPUT gives us additional confidence in our interpretation of the principles by which the biological retina operates.

PÁRRAFO 26

92. THE BEHAVIOR OF THE ARTIFICIAL RETINA demonstrates the remarkable power of the analog computing paradigm embodied in neural circuits.
93. THE DIGITAL PARADIGM DOMINATING COMPUTATION today assumes that information must be digitized to guard against noise and degradation.
94. IN A DIGITAL DEVICE, voltages within a certain range are translated into bits having a value of, say, one, whereas voltages within a different range are translated into zeros.
95. EACH DEVICE along the computational pathway restores THE VOLTAGES TO THEIR PROPER RANGE.
96. DIGITIZATION imposes precision on an inherently imprecise physical system.

PÁRRAFO 27

97. A neuron, IN CONTRAST, is AN ANALOG DEVICE:
98. ITS COMPUTATIONS are based on smoothly varying ion currents rather than on bits representing discrete ones and zeros.
99. YET NEURAL SYSTEMS are superbly efficient information processors.
100. ONE REASON is that NEURAL SYSTEMS work with basic physics rather than trying constantly to work against it.

PÁRRAFO 28

101. Although NATURE knows nothing of bits, Boolean algebra or linear systems theory, A VAST ARRAY OF PHYSICAL PHENOMENA implement important mathematical functions.
102. The conservation of charge, FOR EXAMPLE, dictates that electric currents WILL ADD AND SUBTRACT.
103. Thermodynamic properties of ions cause the current flowing into a cell to be AN EXPONENTIAL FUNCTION of the voltage across the membrane.

PÁRRAFO 29

104. Working with physics helps to explain why the most efficient digital integrated circuits envisioned will consume about 10^{-9} joule per operation, whereas neurons expend only 10^{-16} joule.
105. IN DIGITAL SYSTEMS, data and computational operations must be converted into binary code, a process that requires about 10,000 digital voltage changes per operation.
106. Analog devices carry out THE SAME OPERATION in one step and so decrease the power consumption of silicon circuits by a factor of about 10,000.

PÁRRAFO 30

107. EVEN MORE IMPORTANT, HOWEVER, the capacity of ANALOG NEURAL CIRCUITS to operate in unpredictable environments depends on their ability to represent information in context.

- 108. THEY respond to differences in signal amplitude rather than to absolute signal levels, thus largely eliminating the need for precise calibration.
- 109. The context for A NEURAL SIGNAL may be the local average light intensity - as it is when a photoreceptor signal is balanced against the signal from the horizontal cell network at a triad synapse.
- 110. OR IT may be the previous behavior of A NEURAL CIRCUIT itself, as in the long-term adaptation of a photoreceptor to changing light levels.
- 111. THE CONTEXT OF A SIGNAL may ALSO be some more complex collection of neural patterns, including those that constitute learning.

PÁRRAFO 31

- 112. THE INTERPLAY OF CONTEXT AND ADAPTATION is a fundamental principle of the neural paradigm.
- 113. IT ALSO imposes some interesting constraints on neurally inspired circuits.
- 114. Because only changes and differences convey information, constant change is a necessity for NEURAL SYSTEMS - rather than a source of difficulty, as it is for digital systems.
- 115. When showing an image to THE DIGITAL RETINA, FOR EXAMPLE, we must constantly keep it in motion, or the retina will adapt and no longer perceive it.
- 116. THIS REQUIREMENT FOR CHANGE firmly situates a neural circuit in the world that it observes, in contrast to digital circuits, whose design implicitly assumes separation between the system and the outside world.

PÁRRAFO 32

117. We have taken the first step in simulating THE COMPUTATIONS DONE BY THE BRAIN TO PROCESS A VISUAL IMAGE.
118. **How readily can THIS STRATEGY be extended to OTHER TYPES OF BRAIN COMPUTATIONS?**
119. It may seem that the essentially two-dimensional nature of today's integrated circuits would severely limit EFFORTS TO MODEL neural tissue.
120. BUT many parts of the central nervous system are IN FACT thin sheets that carry TWO-DIMENSIONAL REPRESENTATIONS of computationally relevant information.
121. The retina is merely THE MOST OBVIOUS EXAMPLE.
122. FURTHERMORE, IN BOTH NEURAL AND SILICON SYSTEMS, the active devices - be they synapses or transistors - occupy no more than 1 or 2 percent of the space;
123. «wire» occupies THE REMAINING AREA.
124. One can be sure, THEREFORE, that THE LIMITATION OF CONNECTIVITY has forced the design of many parts of the brain into a highly specific form.

PÁRRAFO 33

125. SPECIALIZED WIRING PATTERNS are one clear adaptation to situations in which the number of processing elements is limited by the total amount of wire needed to accomplish a computation.

126. THE BRAIN'S WIRING, FOR INSTANCE, ensures that closely related information is mapped onto neighboring groups of neurons.
127. AS AN EXAMPLE, the cortical areas that perform the early processing of visual information preserve the spatial relations of the image.
128. THIS MAP-LIKE ORGANIZATION OF THE CORTEX allows most of the brain's wiring to be short and highly shared.
129. SIMILARLY, we designed the silicon retina so that the resistors of the horizontal cell network implement computations for the entire circuit, not just the immediately adjacent cells.

PÁRRAFO 34

130. The future development of THE SILICON RETINA and similar neurally inspired chips leads along two potentially divergent paths.
131. ONE is the development of the improved machine vision.
132. A SINGLE CHIP CONTAINING AN ARRAY OF RELATIVELY SIMPLE ANALOG CIRCUITS, after all, can perform the same functions as a multiple-chip system containing an image sensor and many powerful microprocessors and large memory chips.
133. Some work is already in progress toward binocular circuits -SIDE-BY-SIDE SILICON RETINAS that can determine the distance of objects in a scene.

PÁRRAFO 35

134. Real vision (or something somewhat closer to it than what exists now) will probably require RETINA CHIPS containing perhaps
100. times more pixels as well as additional circuits that mimic the movement-sensitive and edge-enhancing functions of the amacrine and ganglion cells.
135. Ultimately SUCH SYSTEMS will also incorporate additional neural circuits to recognize the patterns that the retina generates.

PÁRRAFO 36

136. ANOTHER PATH will take researchers toward a grander objective: understanding the brain.
137. For years, biologists have tacitly assumed that when they have understood the operation of each molecule in a nerve membrane, they will understand the operation of THE BRAIN.
138. BUT both the digital and the analog paradigms of computation make it clear that THIS ASSUMPTION is wrong.
139. AFTER ALL, A COMPUTER is built from a completely known arrangement of devices whose operation is understood in minute detail.
140. YET it is often impossible to prove that even A SIMPLE COMPUTER PROGRAM will calculate its desired result or, for that matter, whether the computation will even terminate.

PÁRRAFO 37

141. No matter how well the brain's architecture IS MAPPED OUT, such mapping alone will not lead to a global view of the principles and representations on which the nervous system is organized.
142. THE INTERACTIONS OF THE COMPUTATIONS are simply too complex.
143. If, HOWEVER, workers can build SILICON SYSTEMS according to a deliberate and well-defined biological metaphor, they may be able to test and advance researchers' understanding of the nervous system.

PÁRRAFO 38

144. The success of THIS VENTURE can create a bridge between neurobiology and the information sciences, and it will also greatly deepen the understanding of computation as a physical process.
145. IT will give rise to an entirely new view of information processing that harnesses the power of analog collective systems to solve problems that are intractable by conventional digital methods.

ANEXO 5

MICROLASERS

0. MILLIONS OF LASERS JUST A FEW MILLIONTHS OF A METER can now be etched on a single chip, offering a host of novel applications in optical communications and information processing

PÁRRAFO 1

1. Investigators have long dreamed of building AN OPTICAL COMPUTER.
2. ELECTRONIC SWITCHES AND CIRCUITS would be replaced by a network of light through which individual impulses carry and process information.
3. THE IDEA is not only aesthetically appealing but also offers the promise of a machine that would be even faster and more versatile than the most powerful computer in use today.

PÁRRAFO 2

4. The realization of THE DREAM, HOWEVER, has been thwarted by the lack of sufficiently tiny optical-signal processing devices.
5. Like its electronic counterpart, the transistor, THE BASIC BUILDING BLOCK OF ANY OPTICAL PROCESSING OR COMMUNICATIONS SYSTEM must operate at low power and at high speed, and to do so it must be small.

6. In the microelectronics industry, TRANSISTORS having dimensions smaller than a micron (a millionth of a meter) are now routinely fabricated in numbers approaching tens of millions on a single semiconductor chip.
7. COMPARED WITH THIS ASTONISHING FEAT, the miniaturization of optical devices has lagged considerably.

PÁRRAFO 3

8. The current state of affairs in COMMERCIALLY AVAILABLE OPTICAL TECHNOLOGY is embodied by a device called the semiconductor diode laser, which is found in everything from compact-disc players to fiber-optic communications systems.
9. Although THE DIODE LASER has revolutionized the storage and communication of information, the size of THE DEVICE AND ITS degree of integration are roughly comparable to that of the individually packaged transistors found in a late 1950s radio.
10. A TYPICAL DIODE LASER measures a few microns wide by several hundred microns long -making it several hundred times bigger than one of its microelectronic counterparts.
11. Although SUCH A DEVICE is orders of magnitude smaller than the familiar red helium-neon laser commonly used in supermarket bar-code scanners, IT is simply too big to be useful in an optical computer.

PÁRRAFO 4

12. Very recently, significant advances have been made in the miniaturization of DIODE LASERS.
13. In May 1989, in work that evolved from efforts to construct two-dimensional arrays of optical switches in hopes of eventually building optical computers, we fabricated MORE THAN ONE MILLION MICROLASERS, OR MICRON-SIZE LASERS, on a single semiconductor chip about seven millimeters wide by eight millimeters long.
14. THE MICROLASERS were proposed by one of us (Jewell) and Sam McCall of AT&T Bell Laboratories.
15. THEY were created at Bell Communications Research (Bellcore) by the other two of us and Leigh Florez.
16. THE DEVICES range in size from one to five microns.

PÁRRAFO 5

17. SUCH A SCALE is already two orders of magnitude smaller than that of conventional diode lasers.
18. With additional work, THE SIZE can probably be brought down by another order of magnitude.
19. Perhaps most exciting, as the microlaser approaches ITS PRACTICAL LOWER LIMIT IN SIZE (probably between one half and one quarter of a micron), it is believed that the quantum mechanical process of light emission can be radically altered in a way that will further enhance the performance of the device.

PÁRRAFO 6

20. MICROLASERS are so new that at this time no one can predict whether they will make a significant impact on the commercial market.
21. MOREOVER, the development of an optical computer is far from an easy task
22. (see «THE OPTICAL COMPUTER», by Eitan Abraham, Colin T. Seaton and S. Desmond Smith; SCIENTIFIC AMERICAN, February 1983).
23. NEVERTHELESS, microlasers have generated enormous excitement for their potential applications in OPTICAL COMMUNICATIONS AND INFORMATION PROCESSING in general.

PÁRRAFO 7

24. The principles of operation underlying A DIODE LASER are the same as those for any laser.
25. Atoms in a part of THE LASER called the amplifying medium -typically a solid, liquid or gas- are pumped, or energized, either electrically or with a source of electromagnetic radiation.
26. When a light wave of a specific wavelength traveling through THE AMPLIFYING MEDIUM encounters a pumped atom, it can induce the atom to release its energy in the form of a light wave at the same wavelength.
27. THE PROCESS is coherent, which is to say that the crests and troughs of the waves match up, and the intensity of the light increases.

28. Mirrors on each end of the amplifying medium form a cavity, and they force THE LIGHT to bounce back and forth many times through the medium, maximizing the increase in intensity.
29. The reflectivity of one or both of THE MIRRORS is less than unity, with the result that some of the intensified light is able to escape from the cavity in the form of a laser beam.

PÁRRAFO 8

30. In a diode laser THE AMPLIFYING MEDIUM is a long, brick-shaped diode, a device that permits electric current to flow freely in one direction but blocks the flow of current in the other.
31. THE DIODE is made from a semiconducting material such as gallium arsenide.
32. THE AMPLIFYING MEDIUM OF A CONVENTIONAL DIODE LASER is about as long as the laser itself.
33. Mirrors are formed on each end of THE «BRICK» by simply cleaving the wafer:
34. EACH INTERFACE BETWEEN THE SEMICONDUCTOR AND AIR has a 30 percent reflectivity, which is more than sufficient for operation.
35. When an electric current is made to flow parallel to THE MIRRORS, THE DIODE fills with electrons and holes (parts of the semiconductor lacking electrons).
36. A SHORT TIME LATER THE ELECTRONS AND HOLES recombine, and when THEY do, THEY emit light.

37. THE LIGHT is intensified by multiple reflections through the semiconductor, and a portion of it emerges from one of the mirrors in the form of a laser beam parallel to the underlying wafer substrate;
38. THAT IS, THE BEAM comes out of the edge.

PÁRRAFO 9

39. One characteristic that makes a microlaser so very different from A CONVENTIONAL DIODE LASER is that the laser beam emerges perpendicular, instead of parallel, to the wafer substrate.
40. Instead of the brick-shaped appearance of A CONVENTIONAL DIODE LASER, a microlaser looks like a tiny Coke can;
41. The laser beam shoots out of THE TOP (OR OUT OF THE BOTTOM through the transparent wafer on which it has been grown).
42. THE DIFFERENCE IN GEOMETRIC CONSTRUCTION means that more lasers per area can be packed on a wafer.
43. Kenichi Iga and his colleagues at the Tokyo Institute of Technology first demonstrated the feasibility of SUCH A SURFACE-EMITTING (INSTEAD OF EDGE-EMITTING) APPROACH in the late 1970s.

PÁRRAFO 10

44. Our own work in microlasers dates about the time of IGA'S BREAKTHROUGH.

- 45. Investigators at Bell Labs built SURFACE-EMITTING LASERS by sandwiching films of gallium arsenide that measured from one eighth of a micron to a few microns thick between mirrors and gluing the entire stack together.
- 46. To sensible people, the notion of turning SUCH A PROCEDURE into a practical technology was silly;
- 47. FABRICATION bordered on black magic, and THE DEVICES were of poor quality.
- 48. (OF COURSE, the first transistors also had THESE «ATTRIBUTES.»)

PÁRRAFO 11

- 49. STEADY IMPROVEMENTS turned the tide.
- 50. A microlaser, including mirrors, is now typically about six microns long, compared with the 250-micron length of a conventional diode laser.
- 51. BUT what actually makes A MICROLASER «micro» is that its Coke-can geometry serves as a waveguide: an optical «hose» that prevents light from spreading outward as it propagates.
- 52. (An optical fiber is a well-known example of A WAVEGUIDE.)
- 53. The typical diameter of A MICROLASER, as we mentioned earlier, is a few microns.

PÁRRAFO 12

54. Even though MICROLASERS are still in their infancy, THEIR small size makes their power requirements comparable to those of the more mature conventional diode lasers.
55. An important yardstick used to characterize THE POWER REQUIREMENTS OF ANY DIODE LASER is the threshold current, the flow of electric current needed to make the diode just barely lase.
56. The lowest THRESHOLD of a microlaser is 0.7 milliamperes, compared with the 0.5-milliamperes threshold of a conventional diode laser.
57. With additional work, it is hoped that THE THRESHOLD OF A MICROLASER, because of its exceptionally small size, can be lowered to a few millionths of an ampere.
58. At present, MICROLASERS ALSO fall somewhat short of conventional diode lasers in their bit rates -the number of zeros and ones that can be generated per second.
59. AT A BIT RATE of five billion per second, MICROLASERS are not quite as fast as the best diode lasers, but rates approaching 100 billion per second are expected to be achieved eventually.

PÁRRAFO 13

60. **How are SUCH EXQUISITELY SMALL, HIGH-PERFORMANCE LASERS made?**
61. Two crucial techniques make IT possible.

62. THE FIRST TECHNIQUE, molecular-beam epitaxy, allows the basic material of each laser to be built up from layers of semiconducting materials added one at a time.
63. INDIVIDUAL LASERS numbering in the thousands or millions can THEN be stamped out simultaneously by means of deep vertical etching, in conjunction with conventional photolithographic patterning.

PÁRRAFO 14

64. Conceptually, MOLECULAR-BEAM EPITAXY is quite straightforward.
65. A SEMICONDUCTOR CRYSTAL is placed in a vacuum.
66. Containers are filled with each of the chemical elements, such as indium, gallium, aluminum and arsenic, that will be used to build the desired semiconductor layers on top of THE SUBSTRATE.
67. When AN INDIVIDUAL CONTAINER is heated to the proper temperature, the element within IT begins to evaporate, streaming out the open end of the container and into the vacuum in much the way that steam escapes out the hole of a heated teapot.
68. THE RESULT is a wide beam of molecules that sprays in the direction of the wafer.
69. When desired, EACH BEAM OF MOLECULES can be blocked by a mechanical shutter.

PÁRRAFO 15

70. The formation of multiple layers of different semiconductor materials is THEN accomplished by simply determining which chemical elements should be in which layer and opening THE APPROPRIATE SHUTTERS.
71. FOR EXAMPLE, layers of aluminum arsenide are formed BY OPENING THE ALUMINUM AND ARSENIC SHUTTERS simultaneously while keeping all the other shutters closed;
72. SIMILARLY, LAYERS OF GALLIUM ARSENIDE are formed BY OPENING THE GALLIUM AND ARSENIC SHUTTERS.
73. The thickness of EACH LAYER is determined by how long THE SHUTTERS are held OPEN.
74. Molecular-beam epitaxy is such a refined technique that it is possible to grow AN INDIVIDUAL LAYER HAVING THE THICKNESS OF A SINGLE ATOM.

PÁRRAFO 16

75. A typical microlaser may consist of MORE THAN 500 INDIVIDUAL LAYERS.
76. To minimize the power required by THE LASER, one makes that amplifying medium quite thin, about a hundredth of a micron.
77. The fact that IT IS SO THIN means that for THE LASER to work, light must bounce back and forth many more times than it must for a conventional diode laser.

78. AS A CONSEQUENCE, THE MIRRORS must have a much higher reflectivity than the 30 percent reflectivity of the conventional diode laser.

79. IN FACT, THE REFLECTIVITY must be 99 percent or more.

PÁRRAFO 17

80. SUCH A HIGH REFLECTIVITY is attained by depositing in alternate layers two semiconductors, such as gallium arsenide and aluminum arsenide, that have different indices of refraction

81. THAT IS, LIGHT travels at different speeds through THEM.

82. THE DIFFERENCE IN THE INDICES gives rise to a partial reflection at each interface, just as the difference in the indices of glass and air causes a partial reflection from a window.

83. Although THE REFLECTION FROM EACH INTERFACE is only about 0.6 percent, A TOTAL REFLECTIVITY OF GREATER THAN 99 PERCENT can be achieved by stacking many alternate layers of the proper thickness.

PÁRRAFO 18

84. Ironically, THEN, THE BULK OF A MICROLASER consists not of the approximately hundredth-micron-thick section containing the amplifying medium but rather of the mirrors, which together are four or five microns thick.

85. THE RELATIVE THICKNESS of the mirrors is well justified, HOWEVER, because an entire array of microlasers -mirrors and all- can be grown at once, instead of being painstakingly fabricated in the series of steps required to make a diode laser.

PÁRRAFO 19

86. Just as important as THE ABILITY OF MOLECULAR-BEAM EPITAXY TO FORM AN ENTIRE MICROLASER IN ONE STEP is the precision with which it can form the thickness of each layer.
87. *Careful control of LAYER THICKNESS is particularly important in fabricating the mirrors.*
88. The technique for achieving THE NECESSARY CONTROL is based on the fact that an individual atomic layer becomes progressively rougher as it grows, until about half of it is in place.
89. THEN THE LAYER begins TO BECOME PROGRESSIVELY SMOOTHER until, when it is completely in place, it is atomically smooth.

PÁRRAFO 20

90. One can determine how SMOOTH A SURFACE is by bouncing a beam of high-energy electrons off it:
91. THE SMOOTHER THE SURFACE, the more easily the electrons are reflected and detected on a screen on the other side.

92. HENCE, the intensity of THE REFLECTED BEAM oscillates in time as successive layers are grown.
93. Accurate measurement of THE FREQUENCY OF THE OSCILLATION can precisely determine the time to deposit a single layer of atoms.
94. THE RESULTING EXACT KNOWLEDGE OF THE DEPOSITION RATE can THEN be used to strictly control the layer's thickness.
95. Timing of the mechanical shutters with a computer provides PRECISE REGULATION.

PÁRRAFO 21

96. ANOTHER ADVANTAGE OF MOLECULAR-BEAM EPITAXY is that it enables one to modulate the electrical conductivity and reflectivity of the mirrors.
97. THE ELECTRIC CURRENT for pumping the diode must pass THROUGH THE MIRRORS, but unfortunately, the current does not flow easily in this instance.
98. THE ELECTRICAL AND OPTICAL PROPERTIES cannot be optimized simultaneously, and so microlasers must be designed to accommodate the two competing demands as best as possible.

PÁRRAFO 22

99. Once the wafers have been grown, conventional techniques for transferring patterns are used to carve the wafers into INDIVIDUAL MICROLASERS.

100. An etch mask, consisting of a two-dimensional array of disks of etch-resistant material, is deposited ON THE WAFER SURFACE by vapor deposition and photolithography, a printing process that uses plates made according to a photographic image.
101. THEN, IN A NOVEL ETCHING STEP, a collimated beam of xenon atoms, guided BY THE DEPOSITED MASK, vertically etches out each Coke can-shaped microlaser.
102. THE RESULTING SIDEWALLS are smooth, and the surface damage is minimal.

PÁRRAFO 23

103. Our group at Bellcore has used THESE ADVANCED TECHNIQUES to make arrays of microlasers in which a few layers of one of the mirrors were deliberately varied in thickness.
104. CONSEQUENTLY, the wavelength of EACH LASER differs slightly from that of its neighbor -by an evenly spaced amount.
105. SUCH ARRAYS could have a major impact in the field of fiber-optic communications, where it is desirable to send multiple signals, each at a unique wavelength, down a single fiber.

PÁRRAFO 24

106. The Bellcore group has ALSO made ENTIRE ARRAYS OF MICROLASERS that can be turned on and off by light pulses.

107. THE ARRAYS could be incorporated in information-processing machines that operate by parallel processing, in which elements of a problem are solved simultaneously rather than in sequence
108. (see «ADVANCED COMPUTER ARCHITECTURES», by Geoffrey C.Fox and Paul C.Messina; SCIENTIFIC AMERICAN, October 1987).
109. RELATED EFFORTS at Nippon Electric Corporation, The University of California at Santa Barbara and Sandia National Laboratories, among others, are ALSO meeting with success.

PÁRRAFO 25

110. FUTURE WORK IN MICROLASERS is likely to take two paths.
111. FIRST, THE PRESENT GENERATION OF MICROLASERS has an output at wavelengths of approximately one micron (infrared radiation).
112. It would be desirable to increase THE OUTPUT WAVELENGTH to the region ranging from 1.3 to 1.5 microns, because these wavelengths are transmitted with the fewest losses in an optical fiber and are therefore of potential use in optical communications.
113. To date, microlasers operating IN THE LONGER-WAVELENGTH REGION have not worked very well, primarily because of a lack of suitable semiconductor materials that can be grown into a stack of layers forming mirrors for those wavelengths.

114. At present, instead of being five or six microns tall, AN EFFICIENT MICROLASER working at 1.5 microns would have to be about 20 microns tall, which would take almost 24 hours to grow precisely using molecular-beam epitaxy.
115. SUCH A STRUCTURE would not be very practical, but alternative designs still to be demonstrated may prove sufficient.

PÁRRAFO 26

116. Further miniaturization which is ALSO just now being explored, is THE SECOND LIKELY LINE OF FUTURE RESEARCH.
117. THE ROAD will be difficult;
118. we are already close to reaching THE SMALL-SIZE LIMIT beyond which the lasers will no longer work.
119. THE REASON is that the diameter of THE LASER must be comparable to the wavelength of the radiation it emits;
120. if THE DIAMETER is smaller than THE WAVELENGTH, it does not contain the light effectively.
121. ADMITTEDLY, there is an added bonus of working with gallium arsenide:
122. although THE LASER WAVELENGTH is about one micron in air, within the laser itself it is about three times shorter because of the high index of refraction of the semiconductor.

123. AT SOME SIZE SMALLER THAN 0.3 MICRON, HOWEVER, A MICROLASER will no longer work.

PÁRRAFO 27

124. Why bother to shrink THE SIZE OF MICROLASERS from a relatively comfortable one micron to, say, a difficult one third of a micron?
125. FURTHER REDUCTION could allow an order of magnitude more information to be communicated and processed with the same power requirements.
126. SECOND, EVEN MORE FUNDAMENTAL ADVANTAGES IN POWER AND SPEED could be attained -advantages that are not predicted by simple scaling.

PÁRRAFO 28

127. VIRTUALLY EVERY LASER is inefficient.
128. The first flash of light emitted by the pumped atoms IN THE AMPLIFYING MEDIUM goes randomly in all directions.
129. MOST OF THE LIGHT does not even strike the laser mirrors, and it is lost.
130. ONLY A TINY FRACTION, ONE PART IN 10,000 OR SO, travels in just the right direction to contribute to the working of the laser.

131. It turns out, HOWEVER, that when the cavity containing THE AMPLIFYING MEDIUM is short and has a small diameter, the walls of the cavity itself, through reflections, can modify the direction in which THE LIGHT is initially emitted.
132. IN A SMALL CAVITY THE LIGHT can be emitted only IN CERTAIN ALLOWED DIRECTIONS and at certain wavelengths.
133. IN AN EXTREMELY SMALL CAVITY THE LIGHT IS EMITTED ONLY ALONG THE DIRECTION of the desired laser beam.

PÁRRAFO 29

134. It would THEREFORE appear that MICROLASERS having a diameter of approximately one third of a micron may form the ultimate optoelectronic information-processing device: a small, fast and highly efficient laser requiring low power.
135. Although the prime motivation for building SUCH A DEVICE would be for information processing, other applications would undoubtedly be found.
136. Panels of VISIBLE-LIGHT MICROLASERS could provide efficient lighting, turning THE APPLICATIONS full circle from exotic optoelectronic computer technology to a more down-to-earth lamp with which you might read this magazine.

PÁRRAFO 30

137. We have experimented to see just how small MICROLASERS can be made and still work.

138. For the purposes of OUR TESTS, we pump the atoms IN THE AMPLIFYING MEDIUM with focused bursts of light instead of electric current.
139. It is easier to fabricate LIGHT-PUMPED DEVICES than electrically pumped ones, and although OPTICALLY PUMPED DEVICES are never expected to have any commercial potential, OUR TESTS with them have helped convince us (and our managers) that an effort to make electrically pumped cavities of such size is not completely outrageous.

PÁRRAFO 31

140. So far WE have demonstrated that DEVICES HAVING A DIAMETER AS SMALL AS ONE HALF OF A MICRON can work.
141. Interestingly enough, OUR TESTS actually precede any accurate theoretical simulation.
142. MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS ARISING FROM THE LARGE NUMBER OF SEMICONDUCTOR LAYERS would consume huge amounts of computer time and might even require an optical computer!

PÁRRAFO 32

143. Perhaps the most exciting aspect of MICROLASER RESEARCH is the manner in which it spans the disciplines of fundamental physics, device physics, classical optics, semiconductor optics and optoelectronics and systems integration.
144. MICROLASERS ALSO challenge investigators' creativity to take advantage of the tremendous applications awaiting discovery.

145. Communications and remote sensing are two areas in which OPTICAL SYSTEMS appear to have fundamental advantages over electronic systems.
146. As machine vision becomes increasingly important, ARRAYS OF INEXPENSIVE MICROLASERS could allow the technology to be adapted to aid the sight-impaired.
147. We believe the variety of applications of MICROLASERS will be exceedingly wide, but at this point it is only a belief.
148. WE look forward to re-reading our article 10 years from now to see where we were completely off target and where we were right on.

ANEXO 6

SINGLE ELECTRONICS

0.1. Is electric current the motion of INDIVIDUAL ELECTRONS or the continuous flow of A FLUID OF CHARGE?

0.2. Recent experiments confirm BOTH IDEAS and may lead to novel electronic devices

PÁRRAFO 1

1. What is the smallest amount of ELECTRIC CHARGE that can sit on the head of a pin?
2. THE ANSWER may surprise.
3. A PIN, like almost everything else, consists of electrons, protons and neutrons.
4. EACH PROTON holds one fundamental unit of charge (denoted as $+e$), and EACH ELECTRON carries a similar negative charge ($-e$);
5. THE NEUTRON has no CHARGE.
6. It may seem that THE TOTAL CHARGE ON THE HEAD OF THE PIN could be found by counting the number of protons, subtracting the number of electrons and ignoring the neutrons.
7. Using THIS LOGIC, the smallest nonvanishing amount of charge should be $+e$ or $-e$.

8. BUT recent experiments demonstrate OTHERWISE.
9. THEY clearly show that the charge on the head of a pin can be equal to a fraction of the charge of an electron, for example, $+0.5e$ or $-0.1e$.

PÁRRAFO 2

10. Whereas counting the number of angles ON A PIN has yet to yield anything of practical value, measuring CHARGE in small structures has provided fascinating tests of physics as well as several potential applications for electronics.
11. THE TESTS were performed with extremely small devices, typically about 30 billionths of a meter in width, which is comparable to the diameter of a virus.
12. By studying the behavior of SUCH MINUSCULE COMPONENTS at temperatures of a fraction of a degree above absolute zero, researchers have developed a better understanding of how electric charges move through materials.
13. Whereas A CHARGE passes through thin isulators in discrete amounts (like water dripping from a faucet), IT travels through ordinary conducting materials in a continuous way (like water flowing in a pipe).

PÁRRAFO 3

14. THESE DISCOVERIES have led to the invention of various novel devices that control the movement of individual electrons in solids.
15. THE SINGLE-ELECTRON IC DEVICES may serve as transistors and other computational elements.

16. Although THE TECHNOLOGY is still in its infancy, we believe IT will play a major role in the future of electronics.

PÁRRAFO 4

17. THE FIELD OF SINGLE ELECTRONICS emerged from investigations of a device known as a tunnel junction.
18. IT consists of two electrodes - pieces of a conducting material - separated by a thin layer of an insulating material, as thin as about one nanometer (a billionth of a meter).
19. Although electrons move freely in CONDUCTORS, they do not readily enter INSULATORS.
20. YET according to the laws of quantum mechanics, ELECTRONS have small chance to pass, or tunnel, through the thin insulating layer.

PÁRRAFO 5

21. If a voltage is applied across the junction, ELECTRONS will prefer to tunnel in one particular direction through the insulator.
22. HENCE, THEY will carry some electric current through the junction.
23. The magnitude of THE CURRENT depends on both the thickness of the insulating layer and the material properties of the conducting electrodes.

PÁRRAFO 6

24. By the middle of the 1980s physicists understood many properties of TUNNEL JUNCTIONS.
25. A FEW PHYCISTS suspected, HOWEVER, that TUNNEL JUNCTIONS would exhibit interesting behavior if they were made smaller than 100 nanometers or so.

PÁRRAFO 7

26. In early 1985 DIMITRI AVERIN AND ONE OF US (LIKHAREV) tried to predict the behavior of VERY SMALL TUNNEL JUNCTIONS with superconducting electrodes.
27. (SUPERCONDUCTIVITY is a property of some materials cooled to temperatures close to absolute zero.
28. Notably, SUPERCONDUCTORS do not resist the flow of electric current.)
29. Averin and Likharew hoped to tackle THE PROBLEM by applying ideas of quantum theory.
30. THEY derived some equations that described the device, but the equations were so complicated that they could not have been solved without a struggle.

PÁRRAFO 8

31. It was decided, THEREFORE, to examine THE EASIER CASE of a small tunnel junction with electrodes made from ordinary conductors.

32. FOR THIS PROBLEM, the equations could be readily solved and gave a completely unexpected result.
33. THEY showed that if a constant electric current is passed through a junction, it will induce a voltage that oscillates periodically in time.
34. Most remarkably, THESE PERIODIC OSCILLATIONS would have a frequency simply equal to the current divided by the charge of an electron.
35. THE FREQUENCY is totally independent of any other parameters of the system.
36. A MORE CAREFUL EXAMINATION OF THE EQUATIONS has shown that EACH OSCILLATION represents the response of the device as a single electron tunnels through the insulating layer.
37. THE PHENOMENON is now known as single-electron tunneling (set) oscillations.

PÁRRAFO 9

38. To understand THIS EFFECT, one must appreciate how electric charge moves through a conductor, say, an ordinary aluminum wire.
39. An electric current can flow through THE CONDUCTOR because some electrons are free to move through the lattice of atomic nuclei.
40. Despite THE MOTION OF THE ELECTRONS, any given volume of THE CONDUCTOR has virtually no net charge because the negative charge of the moving electrons is always balanced by the positive charge of the atomic nuclei in each small fraction of the conductor.

- 41. HENCE, the important quantity is not THE CHARGE IN ANY GIVEN VOLUME but rather how much charge has been carried through the wire.
- 42. THIS QUANTITY is designated as the «transferred» charge.
- 43. What is most surprising, THIS CHARGE can have practically any value, even a fraction of the charge of a single electron.

PÁRRAFO 10

- 44. Although THIS CONCEPT may seem counterintuitive at first, IT can be explained in simple terms.
- 45. THE TRANSFERRED CHARGE actually has little to do with counting single electrons or protons.
- 46. THIS CHARGE is proportional to the sum of shifts of all the electrons with respect to the lattice of atoms.
- 47. Because THE ELECTRONS in a conductor can be shifted as little or as much as desired, THIS SUM can be changed continuously, and therefore so can THE TRANSFERRED CHARGE.

PÁRRAFO 11

- 48. If AN ORDINARY CONDUCTOR is interrupted by a tunnel junction, ELECTRIC CHARGE will move through the system by both a continuous and a discrete process.

- 49. As THE TRANSFERRED CHARGE flows continuously through the conductor, IT will accumulate on the surface of the electrode against the insulating layer of the junction
- 50. (THE ADJACENT ELECTRODE will have equal but opposite surface charge).
- 51. One can imagine THIS SURFACE CHARGE Q as a slight continuous shift of the electrons near the surface from their equilibrium positions.
- 52. ON THE OTHER HAND, quantum mechanics shows that the tunneling can only change Q in a discrete way:
- 53. when an electron TUNNELS through the insulating layer, THE SURFACE CHARGE Q will change exactly by either $+e$ or $-e$, depending on the direction of tunneling.
- 54. The interplay between continuous charge flow in conductors and DISCRETE TRANSFER OF CHARGE THROUGH TUNNEL JUNCTIONS leads to several interesting effects.

PÁRRAFO 12

- 55. THESE PHENOMENA can be observed when THE TUNNEL JUNCTIONS are very small and the ambient temperatures are very low.
- 56. (LOW TEMPERATURES reduce thermal fluctuations that disturb the motion of electrons.)
- 57. IN THIS CASE, if the charge Q at the junction is greater than $+e/2$, an electron can tunnel through the junction in a particular direction, subtracting e from Q .

58. THE ELECTRON DOES SO because THIS PROCESS reduces the electrostatic energy of the system
59. (THE ENERGY increases in proportion to the square of the charge and does not depend on the sign of the charge.)
60. LIKEWISE, if Q is less than $-e$, an electron can tunnel through the junction in the opposite direction, adding e to Q , and thus again decrease THE ENERGY.
61. BUT IF Q IS LESS THAN $+E/2$ and greater than $-e/2$, tunneling in any direction would increase THE ENERGY of the system.
62. THUS, if the initial charge is within THIS RANGE, TUNNELING will not occur.
63. THIS SUPPRESSION OF TUNNELING is known today as the Coulomb blockade.

PÁRRAFO 13

64. Curiously, physicists first noticed and studied COULOMB BLOCKADE more than 40 years ago.
65. In the 1959s and 1960s CORNELLIS GORTER OF THE KAMMERLING ONNES LABORATORY, HANS-RUDI ZELLER AND IVAR GIAVER OF THE GENERAL ELECTRIC RESEARCH CENTER AND JOHN LAMBE AND ROBERT JAKLEVICH OF THE FORD MOTOR COMPANY observed THIS EFFECT in thin metallic films and explained IT.
66. MEANWHILE IGOR KULIK AND ROBERT SHEKHTER OF THE KHARKOW INSTITUTE OF LOW TEMPERATURE PHYSICS devised ITS comprehensive theory for one particular system.

67. It seems, HOWEVER, that until the mid-1980s no one appreciated the concept of continuous charge transfer in metals, and no one was aware of the simple condition for THE COULOMB BLOCKADE.
68. Once THESE IDEAS were understood, it was straightforward to discover new phenomena in small tunnel junctions.

PÁRRAFO 14

69. FOR EXAMPLE, what happens if THE JUNCTION is connected to a source of constant current?
70. If the surface charge Q is zero initially, then THE SYSTEM is within the Coulomb blockade limits, and TUNNELING is suppressed.
71. THEREFORE, the current flowing from the source through wires will start to change THE CHARGE Q continuously.
72. For convenience, assume that THE DEPOSITED CHARGE RATE is positive rather than negative.
73. If THE CHARGE reaches and slightly exceeds $+e/2$, tunneling becomes possible.
74. One electron will THEN cross the junction, making ITS CHARGE SLIGHTLY GREATER THAN $-E/2$.
75. HENCE, THE SYSTEM is within the Coulomb blockade range again, and tunneling is not possible.

- 76. The current continues to add positive charge to THE JUNCTION at a constant rate, and Q , grows until it exceeds $+e/2$ again.
- 77. The repetition of THIS PROCESS produces the single-electron tunneling (SET) oscillations:
- 78. THE VOLTAGE changes periodically with a frequency equal to THE CURRENT divided by the fundamental unit of charge, e .

PÁRRAFO 15

- 79. IN THIS RESPECT, CHARGE flows through the tunnel junction like water leaking from a faucet.
- 80. INITIALLY, THE CHARGE collects in the junction just as water forms a droplet on the faucet.
- 81. AND INDEED, when ENOUGH CHARGE builds up, SOME OF IT pushes through the junction just as when THE DROPLET reaches a certain size, IT will fall.
- 82. YET whereas THE WATER DROPLETS can vary in size, THE AMOUNT OF TUNNELING CHARGE is quantized;
- 83. IT always equals e .

PÁRRAFO 16

- 84. With a couple of plausible assumptions, the formula for the frequency of SET OSCILLATIONS can be derived from classical physics, because it describes behavior of electrons as particles.

85. NEVERTHELESS, a deep connection exists between SET OSCILLATIONS and one type of oscillations predicted by quantum theory.
86. In many situations, THE ELECTRON behaves like a wave rather than a particle.
87. THE ELECTRON WAVE has a characteristic frequency, which is equal to the energy of the electron divided by Planck's constant.
88. In 1962 Brian Josephson (then a student at the University of Cambridge) showed that in large tunnel junctions with superconducting electrodes, THIS RELATION can be observed experimentally as a fundamental relation between applied voltage and the frequency of oscillations in the current flowing through the junction.
89. In the mid-1980s James Lukens and his co-workers at the State University of New York at Stony Brook used THESE «JOSEPHSON JUNCTIONS» to demonstrate that the Planck-Bohr-Josephson relation is accurate to at least 16 decimal places.
90. We believe the classical equation for SET oscillations will prove to be EQUALLY EXACT.

PÁRRAFO 17

91. To produce SET OSCILLATIONS, physicists must fabricate tunnel junctions of a very small area and cool them enough to ensure that the thermal energy does not influence tunneling.
92. FOR EXAMPLE, THE DEVICE MUST BE COOLED to temperatures of about a tenth of a degree above absolute zero if the junction is 100 nanometers in length and width.

PÁRRAFO 18

93. LOW-TEMPERATURE REFRIGERATION AND SMALL-SCALE FABRICATION are not the only experimental problems that must be overcome.
94. To apply current and voltage to A TUNNEL JUNCTION, one must attach metallic wires to it.
95. Unfortunately, THE WIRES pick up quantum fluctuations of the electromagnetic fields that exist everywhere.
96. THESE FLUCTUATIONS can jam the single-electron effects completely.
97. One of the simplest ways to eliminate THE JAMMING is to connect several tunnel junctions in series (end to end).
98. IN SUCH AN ARRANGEMENT the junctions defend one another from the fluctuations.
99. THIS IDEA was implemented in 1989 by a team of Swedish and Soviet scientists.
100. THE TEAM - which included Per Delsing of Chalmers University of Technology in Sweden, Leonid Kuzmin of Moscow State University and the authors - made the junctions by modifying the so-called suspended mask technique for nanofabrication.
101. Several investigators contributed to the invention of THE TECHNIQUE, which was perfected by Gerald Dolan of AT&T Bell Laboratories.

PÁRRAFO 19

102. TO START, AN INSULATING SUBSTRATE should be coated with two layers of special organic materials, both thinner than one micron.
103. We used a copolymer of polymethymethacrylate (PMMA) and polymethacrylic acid (PMAA) for THE BOTTOM LAYER, whereas THE TOP LAYER was pure PMMA.
104. THE COATED SUBSTRATE is THEN placed into the vacuum chamber of a scanning electron microscope.
105. Although THE INSTRUMENT is mainly designed for imaging applications, IT is useful for device fabrication because IT produces a beam of electrons a few nanometers in diameter, and THE BEAM has enough energy to break polymer bonds.
106. A computer directs THE BEAM to sweep over the polymer coating in a desired pattern.
107. In our experiments THE PATTERN was a chain of closely located rectangular windows, 200 by 80 nanometers.
108. THE SAMPLE is THEN developed in toluene, which removes PMMA from the exposed regions and the underlying copolymer from a somewhat larger area.
109. THIS PROCESS leaves a PMMA layer with open windows that is suspended above the substrate.

PÁRRAFO 20

110. AT THIS STAGE, THE SAMPLE is placed into another vacuum chamber and is subjected to a beam of aluminum atoms.
111. THIS BEAM deposits a thin aluminum film on the PMMA layer and on the parts of the substrate under the open windows.
112. (THESE ALUMINUM ISLANDS will ultimately become the first conducting layer of the tunnel junction array.)
113. THEN a small amount of dry oxygen is allowed into the chamber, forming a very thin layer of aluminum oxide on THE SURFACE.
114. (THE ALUMINUM OXIDE will become the insulating layer of the junction.)
115. THE OXIGEN is pumped out again, and A SECOND LAYER OF ALUMINUM is deposited from another angle.
116. IN THIS WAY, the islands of THE FIRST AND THE SECOND LAYER overlap, forming an array of tunnel junctions, each close to 80 by 60 nanometers.

PÁRRAFO 21

117. As our team began fabricating ARRAYS OF TUNNEL JUNCTIONS, we also considered how we might best measure SET oscillations.
118. The expected power of THE OSCILLATIONS would be very low.

119. To make DIRECT MEASUREMENTS, we would need extremely sensitive high-frequency detectors.
120. A SIMPLER WAY TO DETECT THE OSCILLATIONS is to irradiate the sample with microwaves.
121. THE RADIATION interacts («mixes») with the SET oscillations in a way that can be easily observed.
122. SPECIFICALLY, as the current through THE JUNCTIONS increases from zero, the voltage should increase until the current equals e times the frequency of the microwave radiation.
123. As THE VOLTAGE continues to increase, THE CURRENT remains constant for a while and then increases
124. AS A RESULT, A PLOT OF CURRENT VERSUS VOLTAGE should show horizontal steps at a current equal to the frequency times $+e$ (or $-e$).
125. In July 1989 we observed THE EXPECTED STEPS.

PÁRRAFO 22

126. OUR RESULTS were soon confirmed by a Dutch-French collaboration of researchers working at Delft University of Technology and the Center of Nuclear Research at Saclay.
127. THESE GROUPS used two different types of junction arrays, in which the microwave field is applied to central electrodes rather than at the edges of the array.

128. WITH THESE DEVICES, the current to frequency relation was tested with an accuracy close to 0.1 percent.
129. MOREOVER, in 1990 Bart Geerling and Hans Mooij of the Delft group confirmed a theory by Averin and Arcadii Odintsov, which shows how THE ACCURACY might be improved.
130. We believe that in the near future THE CURRENT TO FREQUENCY RATIO will be measured with an error below at least one part per million - and probably much better.

PÁRRAFO 23

131. PHENOMENA SIMILAR TO SINGLE-ELECTRON OSCILLATIONS should ALSO occur in tunnel junctions that have superconducting electrodes.
132. In 1982 Allen Widom, Terry Clark and their collaborators at the University of Brighton first suggested a rudimentary theory for SUCH PHENOMENA IN SUPERCONDUCTING TUNNEL JUNCTIONS.
133. THEN, in 1984, Alexander Zorin of Moscow State University and one of us (Likharev) developed A MORE REFINED AND REALISTIC THEORY.

PÁRRAFO 24

134. IN SUPERCONDUCTORS, each electron has a partner, forming what is known as a Cooper pair.

135. CONSEQUENTLY, if a tunnel junction is made from two superconducting electrodes, THE ELECTRONS tend to tunnel through the insulator in pairs.
136. Theory predicts, THEREFORE, that the voltage of A VERY SMALL SUPERCONDUCTING TUNNEL JUNCTION will oscillate in time with a frequency equal to the current divided by $2e$ (rather than e).
137. Likharev and Zorin called THIS PARTICULAR EFFECT Bloch oscillations.
138. In February 1991 Kuzmin, David Haviland and their colleagues at Chalmers found reliable evidence for BLOCH OSCILLATIONS in a small junction formed between two thin films made of a superconducting alloy.

PÁRRAFO 25

139. THE SET AND BLOCH OSCILLATIONS can be considered as the ordering («correlation») of single-electron or Cooper-pair tunneling events in time.
140. ANOTHER TYPE OF CORRELATION OF THESE EVENTS is ALSO possible and is important for future applications.
141. THIS TYPE OF CORRELATION occurs, FOR EXAMPLE, in a device consisting of two tunnel junctions that share a middle electrode.
142. If a constant voltage is applied across THE DEVICE, the tunneling events in each of the junctions should be mutually correlated.
143. SPECIFICALLY, whenever AN ELECTRON TUNNELS THROUGH ONE OF THE JUNCTIONS, a second electron passes through the other junction nearly simultaneously.

PÁRRAFO 26

144. MOST IMPORTANT, as Averin and Likharev showed in 1985, THIS CORRELATED TUNNELING can be controlled if electric charge is continuously injected into (or removed from) the electrode that connects the two junctions.
145. If THE CHARGE INJECTED INTO THE ELECTRODE is close to zero or a multiple of e , the device maintains a considerable Coulomb blockade:
146. no current flows through THE JUNCTION if the voltage applied to the system is lower than a particular threshold.
147. BUT if THE CHARGE OF THE MIDDLE ELECTRODE is either $+0.5e$ or $-0.5e$ (or even $+1.5e$, $+2.5e$ and so on), the Coulomb blockade is completely suppressed:
148. ELECTRONS tunnel through the system, and a current can be induced by even a small applied voltage.
149. THUS, THE CURRENT THROUGH THE DEVICE can be controlled by changing the charge of the middle electrode just as the current through a usual semiconductor transistor, but THIS CONTROL can be achieved by much weaker charge signals.
150. FOR THIS REASON, THE TWO TUNNEL-JUNCTION DEVICE is now known as the single-electron transistor.

PÁRRAFO 27

151. Fortunately, THE CORRELATED TUNNELING EFFECT is not sensitive to quantum fluctuations of the ambient electromagnetic field, and so THE DEVICE can be connected easily to a voltage source and measuring instruments.
152. FOR THIS REASON, Kuzmin and Likharew were able to conduct experiments on THE SINGLE-ELECTRON TRANSISTOR very rapidly after the device was conceived.
153. On March 6, 1987, THEY reported their results to a Soviet journal.
154. (THEY later learned that, on the same day, Theodore Fulton and Gerald Dolan of Bell Labs had submitted a paper on ALMOST SIMILAR OBSERVATIONS to an American journal.)
155. THESE TWO WORKS marked the beginning of experimental single electronics.

PÁRRAFO 28

156. During the past five years, physicists have devised MANY TYPES OF SINGLE-ELECTRON TRANSISTORS and developed MORE COMPLEX SINGLE-ELECTRONIC CIRCUITS.
157. THE BEHAVIOR OF ALL THESE CIRCUITS can be fully explained using what is now called the orthodox theory, which the Moscow group formulated in 1985.
158. HENCE, THE ORTHODOX THEORY can be used to analyze possible applications of single electronics.

PÁRRAFO 29

159. In the near future, we foresee at least THREE IMPORTANT APPLICATIONS.
160. FIRST, THE TECHNOLOGY should provide a new standard for measuring small currents.
161. We expect AN ACCURACY OF BETTER THAN ONE PART PER BILLION, about 1,000 times better than existing systems.
162. SECOND, THE TECHNOLOGY promises supersensitive electrometers - instruments that would measure charges as small as one tenthousandth of e, which is almost a million times better than the resolution of commercially available instruments.
163. (SUCH ELECTROMETERS have already been used by researchers at Saclay and at Bell Labs to measure single-electron tunneling effects in other devices.)

PÁRRAFO 30

164. BUT THE MOST IMPORTANT PROSPECT FOR SINGLE ELECTRONICS is its application to digital integrated circuits.
165. Currently COMPUTER CHIPS can have a density of some 10 million devices per square centimeter.
166. Although THIS ACHIEVEMENT is impressive, COMPUTER DESIGNERS continue to demand chips with ever higher device densities.
167. BUT THE CONVENTIONAL ELECTRONIC DEVICES are approaching their limit.

168. Most agree that ANY FURTHER REDUCTIONS IN SIZE will require radically new ideas, and single electronics is ranked highly on THIS ISSUE.

PÁRRAFO 31

169. IN CIRCUITS BASED ON SINGLE ELECTRONICS, bits of information can be represented as the presence or absence of individual electrons.
170. THIS TECHNOLOGY may make it possible to pack up to 10 billion electronic devices on a one-square-centimeter chip
171. (FOR THAT, the dimensions of tunnel junctions could be reduced to about 10 nanometers).
172. SUCH A CIRCUIT would operate at four kelvins, a temperature that is acceptable for some applications.
173. STILL, THE DEVELOPMENT OF SUCH CIRCUITS will require a considerable investment of time and effort.

PÁRRAFO 32

174. Conceivably, SINGLE-ELECTRON CIRCUITS could be made even more dense, but SUCH ATTEMPTS will encounter two problems.
175. FIRST, RESEARCHERS need to pioneer techniques to fabricate complex structures whose smallest dimension is less than 10 nanometers.

176. SECOND, THEY must determine how single-electron effects change as the dimensions of the device decrease to the atomic scale.

PÁRRAFO 33

177. To solve THIS SECOND PROBLEM, Averin and Alexander Korotkow State University revised the Orthodox theory in 1989.
178. THEY recognized that if a device is small enough, the laws of quantum mechanics play a larger role in the system.
179. IN SUCH CASES, the energies of the electrons are quantized, that is, they can only equal certain discrete values.
180. YET they showed that THE ENERGY QUANTIZATION does not exclude correlated tunneling, and indeed the effects can coexist peacefully.

PÁRRAFO 34

181. To verify THIS CONCLUSION, several groups have performed experiments in which electrons are confined within tiny structures made of semiconducting material.
182. SUCH STRUCTURES, which are known as quantum dots and quantum wells, can hold a «puddle» of a few hundred free electrons.
183. BOTH DEVICES allow electrons to tunnel in or out through well-defined energy barriers.

184. IN BOTH TYPES OF EXPERIMENTS, physicists have observed single-electron effects and energy quantization together, confirming that the phenomena can coexist.
185. Paul Mc Euen and his colleagues at the Massachusetts Institute of Technology and the IBM Thomas J.Watson Research Center were the first to demonstrate THIS COEXISTENCE in quantum dots;
186. Bo Su and his co-workers at Stony Brook and at Bell Labs have obtained SIMILAR RESULTS using quantum wells.

PÁRRAFO 35

187. Several fundamental issues are still to be solved.
188. FOR ONE, investigators have not yet tackled THE ISSUE OF HOW ENERGY QUANTIZATION INFLUENCES SINGLE-ELECTRON CHARGING EFFECTS IN CIRCUITS THAT CONSIST OF MANY QUANTUM DOTS OR QUANTUM WELLS.
189. A PRELIMINARY ANALYSIS shows that IN SUCH STRUCTURES an electron can behave simultaneously as a wave and as a particle.
190. If THIS PREDICTION turns out to be true, IT will be very important for fundamental physics.

PÁRRAFO 36

191. ANOTHER UNRESOLVED ISSUE is whether the correlated transfer of electrons requires tunneling.

- 192. Averin and Likharev have recently given arguments that IT does not.
- 193. SUCH CORRELATED FLOWS may be achieved in narrow channels, where the electrons can propagate only in one direction.
- 194. Forthcoming experiments should reveal whether SUCH CHANNELS can be fabricated.

PÁRRAFO 37

- 195. REGARDLESS OF THESE NEW ISSUES, single electronics has already advanced our understanding of how electrons behave in materials.
- 196. We believe that A CONTRIBUTION has been made as well to what could be called the psychology of physics.
- 197. THE DISCOVERY OF CORRELATED TUNNELING has given us an example of a conceptually simple and fundamental effect that remained undiscovered until the mid-1980s.
- 198. IT has shown that Newton's «ocean of undiscovered truth» is still full and is waiting for scientists armed with not much more than a bit of imagination and creativity.
- 199. THIS is something to be remembered by adherents of theoretetical supersophistication and advocates of multibillion-dollar experiments.

ANEXO 7

LA FÍSICA DE SUPERFICIES

0. Los avances recientes de LA FÍSICA DE SUPERFICIES están produciendo una avalancha de conocimientos, básicos y aplicados, sobre el comportamiento atómico en el universo en dos dimensiones de las superficies sólidas

PÁRRAFO 1

1. El ser humano se ha sentido siempre fascinado por LA SUPERFICIE de las cosas.
2. Es fácil rastrear en los antiguos testimonios de primitivos científicos, como los adivinos sumerios o los alquimistas medievales, su preocupación por entender el papel de LAS SUPERFICIES en el comportamiento cotidiano de LAS COSAS.
3. En el Museo Británico de Londres se guarda lo que probablemente constituye la prueba escrita más antigua de ESTA ATÁVICA CURIOSIDAD: una tablilla de la época de Hammurabi, en la que se encuentra, grabada en escritura cuneiforme, una descripción detallada de las formas cambiantes de la interfase entre aceite y agua que los adivinos sumerios utilizaban para predecir el curso futuro de campañas guerreras u operaciones comerciales.

PÁRRAFO 2

4. Las aplicaciones prácticas de ESTE CONOCIMIENTO EMPÍRICO son, ASIMISMO, antiguas.
5. Ya Plinio describió, con todo pormenor, cómo calmar las olas del mar arrojando pequeñas cantidades de aceite sobre superficie.

6. LOS PRIMEROS ENSAYOS SISTEMÁTICOS que señalaban la importancia de LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES estaban relacionados con la orfebrería, como LA RELATADA en el manuscrito De proprietatibus rerum, redactado aproximadamente en 1252:
7. «Si se desea unir rígidamente UNA PLACA DE ORO CON OTRA DE PLATA, antes de golpearlas con el martillo, debe uno precaverse contra el viento, el polvo y la humedad, porque si alguna de estas tres cosas se introdujera entre el oro y la plata, no se podrá juntarlas».

PÁRRAFO 3

8. En el curso del enorme avance científico que tuvo lugar en el siglo pasado se pusieron las bases para dos de las aplicaciones más importantes, todavía hoy, de LA CIENCIA DE SUPERFICIES.
9. En 1833, Michael Faraday realizó unos cuidadosos experimentos que le permitieron adelantar una explicación del MISTERIOSO EFECTO QUE PRODUCÍA EL PLATINO SOBRE LA REACCIÓN ENTRE EL HIDRÓGENO Y EL OXÍGENO, induciéndola a temperaturas muy inferiores a la de combustión.
10. FARADAY sentó ASÍ los fundamentos de nuestra comprensión actual de LA ACCIÓN CATALÍTICA DE LA SUPERFICIES SÓLIDAS.
11. En 1873, Karl Ferdinand Braun observó, por su parte, que LA UNIÓN ENTRE UNA PUNTA AFILADA METÁLICA Y CRISTALES DE SEMICONDUCTORES COMPUESTOS (EL SULFURO DE HIERRO O PLOMO) presentaba propiedades rectificadoras, esto es, que la corriente eléctrica circulaba mejor en una dirección que en la opuesta.

12. EL JOVEN BRAUN (tenía 24 años en ese momento) atribuyó ESE COMPORTAMIENTO a la existencia de una capa delgada en la interfase entre AMBOS MATERIALES.
13. ESTE DESCUBRIMIENTO es la base de los diodos y transistores presentes en toda la electrónica moderna.
14. BRAUN recibió el premio Nobel de física en 1909, junto con Marconi, por el desarrollo de los rectificadores de estado sólido que condujo a la telegrafía sin hilos.

PÁRRAFO 4

15. Ya en nuestro siglo se produjeron dos avances importantísimos en el desarrollo de LA FÍSICA DE SUPERFICIES.
16. PHILIP LENARD PUSO A PUNTO TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS QUE APROVECHABAN EL EFECTO FOTOELÉCTRICO (descubierto por Hertz en 1887 y cuya explicación le valió a Einstein el premio Nobel en 1921) Y CLINTON DAVISSON DESCUBRIÓ LA DIFRACCIÓN DE ELECTRONES (POR LO QUE FUE GALARDONADO CON EL NOBEL EN 1937).
17. AMBOS FENÓMENOS están relacionados con notables propiedades de la superficie, como ya sus respectivos descubridores observaron.
18. DE HECHO, hoy en día, CONSTITUYEN el fundamento de dos técnicas habituales para determinar la estructura electrónica y geométrica, respectivamente, de las superficies - la espectroscopía de fotoelectrones y la difracción de electrones de baja energía

19. [véase «Estructuras atómicas de superficies sólidas», por P.M. Echenique y M.H. van Hove; INVESTIGACION Y CIENCIA, ABRIL DE 1979].

PÁRRAFO 5

20. SIN EMBARGO, es Irving Langmuir, ilustre físico estadounidense que recibió el premio Nobel en 1932, el que es considerado padre de LA FÍSICA DE SUPERFICIES MODERNA.
21. EN EFECTO, en las décadas de las dos guerras mundiales, LANGMUIR realizó una ingente labor creando los métodos experimentales de alto vacío, los cuales le permitieron abordar problemas básicos, como la reducción en la función de trabajo producida por la absorción de metales alcalinos sobre superficies metálicas, la emisión termoiónica o los mecanismos de quimisorción.
22. SUS amplios intereses científicos LE llevaron a brillantes aplicaciones de sus descubrimientos, como las lámparas incandescentes de atmósfera inerte, básicamente idénticas a las que se emplean hoy en día.
23. SUYA es la principal responsabilidad de haber elevado la física de superficies a la categoría de disciplina con entidad propia.

PÁRRAFO 6

24. Si ÉSTE fue el nacimiento de LA ESPECIALIDAD, el acontecimiento decisivo que desencadenó un enorme interés por la física fundamental de las superficies de semiconductores recayó en el descubrimiento del transistor de contacto puntual por Bardeen y Brattain, seguido por el transistor de unión p-n por Shockley en diciembre de 1947.

25. En la postguerra, atraídos por la indudable importancia de las aplicaciones prácticas, los físicos teóricos del estado sólido trataron de comprender las propiedades de LAS SUPERFICIES DE LOS SÓLIDOS.
26. ASÍ, mientras NEVILL MOTT (premio Nobel en 1977) sugería una explicación de los fenómenos en la unión metal-semiconductor, NICOLÁS CABRERA, entonces en la Universidad de Bristol, con la ayuda de su colaborador W.K. Burton elaboró en 1949 una teoría refinada del crecimiento cristalino, todavía utilizada.
27. PERO fue, sin duda, el desarrollo técnico derivado de la carrera espacial lo que posibilitó en la década de los sesenta la existencia de campanas de vacío comerciales, en las que, por primera vez, era posible limpiar LA SUPERFICIE y mantenerla en condiciones controladas.
28. En 1969 Harris introdujo la espectroscopía de electrones Auger, que permite determinar la composición química de UNA SUPERFICIE con una sensibilidad del orden del 1 por ciento de una capa atómica.

PÁRRAFO 7

29. Desde la década de los setenta, LA FÍSICA DE SUPERFICIES ha emergido como un ejemplo emblemático de revolución científica según el conocido arquetipo de Thomas Kuhn, historiador de la ciencia.
30. El cambio en nuestra visión del mundo que comporta TODA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA es, EN ESTE CASO, la aparición de la región material de la interfase entre dos medios como una entidad autónoma.
31. UN ESTADO DE LA MATERIA con sus propias leyes, composición química, estructura geométrica, estados electrónicos y dinámica atómica.

32. ESTE CAMBIO CONCEPTUAL ha ido acompañado en la década de los ochenta por un altísimo refinamiento de las técnicas experimentales y un número creciente de investigadores dedicados a ella, por la realización de cuantiosas inversiones y por la proliferación de especialidades científicas (física de la materia condensada, ciencia de materiales, microelectrónica, optoelectrónica, catálisis, químico-física, electroquímica, etcétera) que se han visto enriquecidas por los desarrollos recientes de la física de superficies.

PÁRRAFO 8

33. PERO, ¿qué es UNA SUPERFICIE?

34. Entre dos medios, cualesquiera (sólidos-gas, sólido-líquido, sólido-sólido, etc) siempre existe UNA ZONA SUPERFICIAL O INTERFACIAL que los separa.
35. ESTA REGIÓN tiene propiedades mecánicas, de composición o electrónicas distinguibles de los medios que la flanquean.
36. El espesor de LA ZONA que debemos considerar superficie o interfase depende del tipo de propiedades a que nos estemos refiriendo.
37. A veces PUEDE SER estrictamente una sola capa atómica, mientras que en otras ocasiones puede extenderse decenas o incluso cientos de capas.
38. Si nos ceñimos a LA INTERFASE SÓLIDO-VACÍO, de la que poseemos mayor información en la actualidad, es sabido que tanto la disposición geométrica de los átomos de la superficie del sólido como los estados electrónicos pueden diferir notablemente de los del volumen.
39. LA REGIÓN DE LA SUPERFICIE puede tener una composición química distinta de la del interior del sólido.

40. LA SUPERFICIE EXPUESTA A LA ATMOSFÉRA, POR EJEMPLO, está cubierta por capas de contaminación debido a las reacciones con los gases y vapores de ésta.
41. Normalmente SE FORMAN óxidos y a menudo sulfuros, carbonatos u otros compuestos, según sean EL SUBSTRATO Y EL AMBIENTE.
42. ADEMÁS, LA SUPERFICIE puede presentar trazas de materiales que han estado en contacto previo con ella.
43. ASÍ, UNA SUPERFICIE ORDINARIA, aunque esté limpia a simple vista, es, en realidad, un complejo sistema de componentes químicos y restos de impurezas.
44. POR ELLO, se acostumbra a distinguir LAS SUPERFICIES «REALES» DE LAS «IDEALES», atómicamente limpias, en el sentido de no tener material extraño adherido a ellas.

PÁRRAFO 9

45. La naturaleza de LAS SUPERFICIES REALES reviste un enorme interés práctico.
46. La mayoría de las aplicaciones en que están comprometidas las superficies (lubricación, corrosión o rozamiento) requieren una comprensión de las propiedades de LAS SUPERFICIES REALES.
47. CON ESTE FIN se han desarrollado múltiples métodos no destructivos de análisis químico que permiten obtener la composición atómica de LA SUPERFICIE de un material sólido con alta resolución lateral [véase la figura 4].

PÁRRAFO 10

48. SIN EMBARGO, la explosión de actividad en la física de superficies registrada desde los años setenta ha tenido como objetivo fundamental el estudio de SUPERFICIES MONOCRISTALINAS Y ATÓMICAMENTE LÍMPIAS.
49. ¿Por qué se estudian ESTAS SUPERFICIES CASI IDEALES?
50. ¿Por qué se ha desarrollado PARA ELLO un amplio abanico de técnicas experimentales de refinada complejidad?
51. En primer lugar, porque nuestra capacidad para preparar SUPERFICIES ALTAMENTE PERFECTAS ha abierto la posibilidad de explorar un universo en dos dimensiones.
52. ESTO es algo fascinante.
53. Según se cree hoy, LA DIMENSIONALIDAD desempeña un papel clave en la teoría moderna de muchos fenómenos colectivos.
54. POR EJEMPLO, en una transición de fase continua el comportamiento crítico depende sólo de la simetría del sistema, LA DIMENSIONALIDAD del parámetro de orden y LA DIMENSIONALIDAD del espacio.
55. ESTA PROPIEDAD se llama universalidad y sugiere que pueden suceder cosas interesantes en la superficie donde la dimensionalidad efectiva es dos, no tres.
56. DE HECHO, gracias al método del grupo de renormalización [véase «Problemas físicos con muchas escalas de longitud», por Kenneth Wilson; INVESTIGACION Y CIENCIA, octubre de 1979], es posible calcular con exactitud los exponentes críticos en TRANSICIONES DE FASE DIMENSIONALES y comparar nuestros modelos teóricos con la realidad exterior.

57. En los últimos años, LA FÍSICA EN DOS DIMENSIONES nos ha deparado ya algunos descubrimientos inesperados;
58. ENTRE OTROS, la naturaleza especial de la fusión superficial o efecto Hall cuántico, por el cual Klaus von Klitzing recibió el premio Nobel en 1985.

PÁRRAFO 11

59. Si sólo fuera ÉSA la razón para estudiar superficies de sólidos, nuestra especialidad no habría pasado de ser una curiosidad académica.
60. La razón fundamental DEL FLORECIMIENTO DE LA FÍSICA DE SUPERFICIES reside en su utilidad práctica en algunos campos tecnológicos de primerísima importancia económica como la microelectrónica, la catálisis, los tratamientos superficiales por implantación iónica o láser y la ingeniería atómica de materiales que permite la fabricación de materiales artificiales con propiedades ajustadas a nuestros deseos.
61. Para avanzar en nuestro conocimiento de ESTOS COMPLEJOS PROCESOS, conviene comenzar con UNA SUPERFICIE IDEAL y depositar sobre ella de un modo controlado las impurezas o átomos cuyo papel se desee determinar.
62. ESTO se consigue trabajando en condiciones de ultra alto vacío (UAV), donde la muestra pueda ser limpiada adecuadamente y mantenida en este estado el *tiempos suficiente para realizar los experimentos planeados*.
63. Habitualmente, la presión NECESARIA es muy reducida, del orden de 10^{-13} atmósferas, equivalente a la presión en la superficie de la Luna, y se consigue bombeando con una variedad de dispositivos un recipiente de acero inoxidable con ventanas y *puertas removibles*.

64. LA LIMPIEZA DE LA MUESTRA UNA VEZ EN UAV se consigue por bombardeo iónico con un gas noble o por rotura en vacío.

PÁRRAFO 12

65. Detengámonos en las reconstrucciones superficiales.
66. Lo mismo la posición geométrica de los átomos, que la distribución energética de los estados electrónicos en las proximidades de LA SUPERFICIE de un cristal, difieren en general, de su posición y distribución en el interior del volumen.
67. Débese ELLO a la rotura de la simetría y a la distinta coordinación de los átomos de la superficie con respecto a los del volumen.
68. Si nos imaginamos UN CRISTAL METÁLICO como un conjunto de bolas de acero unidas con muelles y cortamos éstos a lo largo de un plano para formar UNA SUPERFICIE, no es difícil entender intuitivamente que los átomos de la superficie puedan moverse con respecto a las posiciones de equilibrio del volumen, ya que ahora no tienen vecinos hacia el exterior del cristal.
69. Los cambios estructurales que ocurren en LA REGIÓN SUPERFICIAL pueden implicar a varias capas atómicas.
70. Se dice que LA SUPERFICIE se ha reconstruido.

PÁRRAFO 13

71. ESTE EFECTO se produce también en las superficies de los semiconductores, aunque por distintas razones.

72. Al cortar un cristal de UN SEMICONDUCTOR para formar UNA SUPERFICIE, aparecen enlaces direccionales rotos, que representan una enorme energía.
73. Para rebajarLA,los átomos que se encuentran en LA SUPERFICIE se desplazan bastante de las posiciones equivalentes a las que ocuparían en el volumen.
74. EN EL CASO DE LA SUPERFICIE (100) DEL SILICIO, LOS ÁTOMOS se juntan de dos en dos formando dímeros, lo cual reduce a la mitad el número de enlaces insatisfechos.
75. LOS ENLACES NO SATISFECHOS que quedan forman estados electrónicos de superficie dentro del intervalo prohibido de energías del semiconductor [veáse la figura 5].
76. ESTOS ESTADOS DE SUPERFICIE acumulan carga eléctrica e influyen en el funcionamiento de los dispositivos electrónicos.
77. SON, entre otras cosas, los responsables del fenómeno de fijación («pinning») del nivel de Fermi, esto es, la independencia de la función de trabajo (mínima energía requerida para extraer un electrón del cristal) del silicio con respecto al nivel de dopado del volumen.

PÁRRAFO 14

78. Las propiedades electrónicas de UNA SUPERFICIE SEMICONDUCTORA pueden modificarse depositando átomos de otra especie química sobre ella.
79. ASÍ, al adsorber MEDIA MONOCAPA DE UN METAL ALCALINO, COMO POTASIO O CESIO, SOBRE LA CARA (100) DE SILICIO, se produce una drástica disminución de la función de trabajo.

80. ESTE FENÓMENO es esencial para la construcción de detectores de radiación electromagnética en la región de los infrarrojos.

PÁRRAFO 15

81. LOS DETECTORES ÓPTICOS han constituido un área de investigación privilegiada ya desde la época de Langmuir.
82. UN DETECTOR EFICIENTE DE RADIACIÓN INFRARROJA es el corazón de cualquier sistema de visión nocturna, de detección de tumores o de astronomía infrarroja.
83. Puede fabricarse UN DETECTOR SEMEJANTE mediante un substrato semiconductor (silicio o arseniuro de galio) en el cual se ha hecho disminuir la función de trabajo por evaporación de óxidos de metales alcalinos sobre su superficie.
84. LA DISMINUCIÓN debe ser tal que el nivel de energía del vacío en el exterior de la superficie se encuentre por debajo de la banda de conducción en el volumen.
85. ESTO es lo que se conoce como afinidad electrónica negativa (AEN).
86. EN ESTAS CONDICIONES, un fotón de energía mayor que el intervalo prohibido del semiconductor produce, al ser absorbido por el material, un par electrón-hueco.
87. LOS ELECTRONES pueden emitirse al exterior del dispositivo.
88. DE ESTE MODO, se transforma la radiación infrarroja en corriente eléctrica, que puede luego manipularse de manera conveniente hasta resultar en la imagen visible de la fuente de radiación [véase la figura 8].

PÁRRAFO 16

89. En el curso de una investigación destinada a aclarar la estructura microscópica de ESTOS FOTOCÁTODOS, Eva Oellig y Enrique G. Michel, entonces estudiantes de doctorado del laboratorio de física de superficies de la Universidad Autónoma de Madrid (LASUASM), demostraron que los metales alcalinos actuaban como catalizadores de la oxidación de semiconductores, acelerando la cinética y haciendo disminuir la temperatura del proceso.
90. Los átomos DEL CATALIZADOR podían, ADEMÁS, eliminarse por completo de la superficie mediante un breve calentamiento a temperatura moderada.
91. ESTO ha sugerido la posible aplicación práctica de ESTE NUEVO MÉTODO para la producción de óxidos de puerta de espesor controlado en las próximas generaciones de dispositivos microelectrónicos.
92. PARA ELLO, es necesario comprobar la composición y microestructura de LOS ÓXIDOS DE SILICIO ASÍ PRODUCIDOS y compararlos con los desarrollados por los métodos habituales en la industria.

PÁRRAFO 17

93. La composición química de ESTOS ÓXIDOS, como la de cualquier muestra sólida, puede ser objeto de análisis por espectroscopía de fotoelectrones.
94. EN ESTA TÉCNICA, heredera directa del efecto fotoeléctrico, se envía un haz monocromático de rayos X (por ejemplo, la radiación Mg Ka, con una energía de 1253,6 electronvolt) sobre la muestra, donde arranca electrones de los niveles electrónicos profundos.

95. La energía cinética de LOS FOTONES es la diferencia entre la energía de los fotones y la energía de ligadura de los electrones en el sólido.
96. ESTAS son características del elemento químico al que pertenece el electrón y de su estado químico.
97. POR TANTO, midiendo LA ENERGÍA DE LOS FOTOELECTRONES EMITIDOS AL VACÍO se obtiene un espectro con picos a ciertas energías, cuyas alturas relativas reflejan la composición de la muestra analizada.
98. EN EL CASO QUE NOS OCUPA, el óxido de silicio producido por oxidación catalítica tiene una composición química (SiO_2) idéntica a la del óxido térmico preparado a alta temperatura en atmósfera de oxígeno.

PÁRRAFO 18

99. El microscopio de efecto túnel (STM), descubierto por Binnig y Rohrer (por lo que fueron galardonados con el premio Nobel en 1985), nos ofrece una visión sorprendente de LA MICROESTRUCTURA DE LOS ÓXIDOS PREPARADOS POR OXIDACIÓN CATALÍTICA.
100. La imagen de la figura 7, tomada por Amadeo L. Vázquez de Parga y Carmen Ocal, sugiere que EL ÓXIDO DE SILICIO CATALÍTICO ha crecido a través de una reacción química de estado sólido entre los óxidos del metal alcalino y el sustrato de silicio.
101. LA REACCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL OXÍGENO ENTRE EL METAL ALCALINO Y EL CRISTAL SEMICONDUCTOR tiene un fuerte carácter local, que da lugar a la aparición de los aglomerados circulares visibles en la imagen del STM.

PÁRRAFO 19

102. Como consecuencia inesperada del esfuerzo realizado para controlar LA ACTIVACIÓN DE FOTOCÁTODOS, se han hecho recientemente avances muy importantes en nuestra comprensión del proceso de formación de la barrera Schottky en la interfase metal-semiconductor.
103. ESTA BARRERA ENERGÉTICA es responsable de la actividad rectificadora de la unión metal-semiconductor descubierta por K.F. Braun hace más de un siglo.
104. La explicación microscópica de la formación de LA BARRERA SCHOTTKY se había convertido en una piedra de toque para la física de superficies.
105. EN EFECTO, las pruebas experimentales indicaban que una sola capa atómica de metal depositada sobre la superficie del semiconductor bastaba para producir LA MISMA BARRERA SCHOTTKY encontrada en los diodos y dispositivos comerciales.
106. Los investigadores habían concluido que, en la interfase, había unos estados electrónicos, localizados en el intervalo de energía, en el interior de la zona prohibida DEL SEMICONDUCTOR;
107. ÉSTOS fijaban la posición energética del nivel de Fermi, determinando así la altura de la barrera.

PÁRRAFO 20

108. AHORA BIEN, ¿cuál era el origen de ESTOS ESTADOS?
109. UN LARGO CONTENCIOSO se había estado desarrollando entre dos escuelas de pensamiento.

110. UNA DE ELLAS, representada por Bill Spicer, de la Universidad de Stanford, consideraba que los estados que fijaban la posición de nivel de Fermi estaban producidos por defectos introducidos en el sustrato durante la deposición del metal.
111. LA OTRA ESCUELA se originó en una idea de Volker Heine, de la Universidad de Cambridge, desarrollada y perfeccionada por Fernando Flores, de la UAM.
112. ESTA proponía que el simple hecho de tener un metal en contacto con un semiconductor inducía estados electrónicos en el intervalo de energía prohibido.
113. EL CARÁCTER METÁLICO de la capa absorbida sería, POR TANTO, DETERMINANTE.

PÁRRAFO 21

114. Un elegante experimento diseñado y realizado por José Enrique Ortega, del LASUAM, en colaboración con Clemens Laubschat, Mario Priestch y Gunter Kaindl, del centro de radiación de sincrotrón BESSY en Berlín, ha arrojado luz sobre LA CUESTIÓN DEBATIDA.
115. Para evitar la formación de defectos, era preciso asegurarse de que LA ADSORCIÓN DEL METAL no dañaba la red DEL SEMICONDUCTOR;
116. para comprobar el papel de LA METALICIDAD, se requería una capa depositada cuyo carácter metálico pudiera encenderse y apagarse a voluntad.
117. LA PRIMERA CONDICIÓN se conseguía evaporando cesio a baja temperatura sobre arseniuro de galio;

118. LA SEGUNDA, adsorbiendo oxígeno sobre la capa metálica, lo que producía óxidos de cesio de carácter aislante.
119. LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES demostraron que, si bien la presencia de defectos en suficiente densidad podía fijar el nivel de Fermi, éstos no eran necesarios en absoluto para explicar lo que ocurría.
120. El carácter metálico de la capa depositada sobre la superficie semiconductor perfecta era, DE HECHO, LA CONDICIÓN BÁSICA REQUERIDA.

PÁRRAFO 22

121. LA MAYORÍA DE LOS SEMICONDUCTORES USADOS EN LA TECNOLOGÍA MODERNA son, DE HECHO, monocristales, razón por la cual la aplicación directa de los descubrimientos de física básica de superficies resulta casi inmediata.
122. EN CAMBIO, LA MAYORÍA DE LOS METALES DE USO COTIDIANO, desde un tenedor hasta las pistas de metalización de un circuito integrado, son POLICRISTALES:
123. SUS superficies están constituidas, PUES, por una variedad de planos cristalinos.
124. A PESAR DE ELLO, los investigadores han conseguido desarrollar («crecer» en el argot) en los laboratorios MONOCRISTALES METÁLICOS y cortarlos adecuadamente para exponer una sola cara cristalina.
125. La información obtenida DE ESTE MODO es crucial para comprender el funcionamiento de las superficies reales, incluso en propiedades tan complejas como la actividad catalítica.

PÁRRAFO 23

126. LOS CATALIZADORES de reacciones heterogéneas están compuestos por pequeños aglomerados metálicos dispersados, para aumentar su superficie, sobre sustratos de alúmina o zeolita.
127. En la práctica, LOS CATALIZADORES son «promovidos» por aditivos que contienen metales alcalinos, especialmente potasio, con el fin de mejorar la selectividad o la reactividad del catalizador.
128. Entre los ejemplos bien conocidos de REACCIONES ASÍ CATALIZADAS citaremos la síntesis Fischer Tropsch de hidrocarburos a partir de mezclas de CO y H₂, o la eliminación del CO y NO de los gases de los tubos de escape de los automóviles.
129. El papel exacto de LOS PROMOTORES ALCALINOS ha sido muy debatido en los últimos años.
130. Las técnicas de la física de superficies han hecho algunas importantes aportaciones a nuestra comprensión de LOS PROCESOS CATALÍTICOS.
-

PÁRRAFO 24

131. En un trabajo del autor en colaboración con el grupo de Gerhard Ertl, entonces en la Universidad de Munich se ha desarrollado un método para determinar la orientación de moléculas quimisorbidas sobre sustratos metálicos.
132. PARA ELLO es necesario emplear las propiedades únicas de la radiación de sincrotrón

133. [véase «LA RADIACIÓN DE SINCOTRÓN» por Herman Winick; INVESTIGACION Y CIENCIA, enero de 1988]
134. EN PARTICULAR, EL HECHO DE QUE ESTA RADIACIÓN se halle totalmente polarizada en el plano de la órbita de los electrones.
135. Al enviar fotones de una energía dada sobre la muestra, se extraen ELECTRONES de cada uno de los orbitales moleculares accesibles.
136. ESTOS FOTOELECTRONES son colectados por un analizador bidimensional que mide cuántos electrones de cierta energía cinética se emiten en cada dirección del espacio.

PÁRRAFO 25

137. Las reglas cuánticas de selección obligan a que el estado inicial y final DEL PROCESO DE FOTOEMISIÓN tengan una simetría adecuada.
138. Supongamos una molécula CON UN EJE DE SIMETRÍA (como el monóxido de carbono, CO), adsorbida perpendicularmente a la superficie.
139. EN ESE CASO, no se emitirían fotoelectrones, DESDE LOS ORBITALES MOLECULARES, a lo largo de las direcciones espaciales correspondientes al plano perpendicular al vector campo eléctrico de la radiación incidente.
140. ASÍ se ha determinado que el monóxido de carbono se adsorbe con su eje C-O perpendicular a la superficie de un cristal de paladio limpio.
141. Al depositar potasio sobre LA SUPERFICIE DEL PALADIO, las moléculas de CO adsorbidas en las proximidades de los átomos del promotor se encuentran notablemente inclinadas con su eje formando un ángulo de más de 20 grados con respecto a la normal a la superficie.

142. ESTOS RESULTADOS indican que el papel de los promotores podría ser el de inclinar el eje interatómico de las moléculas adsorbidas, lo cual alarga su distancia internuclear, debilita su enlace y facilita su disociación.

PÁRRAFO 26

143. Como hemos mencionado antes, cabe esperar que las propiedades colectivas (superconductividad, magnetismo) de la superficie difieran bastante de las mismas en el volumen.

PÁRRAFO 27

144. Una de las magnitudes que define LAS PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE UN SÓLIDO es la temperatura de Curie, T_c .
145. POR ENCIMA DE ELLA, EL MATERIAL deja de comportarse como un imán, esto es, la magnetización se hace cero.
146. LA TEMPERATURA DE CURIE puede medirse experimentalmente determinando a qué temperatura desaparece el ciclo de histéresis característico de un material ferromagnético.
147. Es posible explorar el efecto de la dimensionalidad en EL COMPORTAMIENTO MAGNÉTICO estudiando las propiedades, por ejemplo LA TEMPERATURA DE CURIE, de capas muy delgadas de MATERIAL FERROMAGNÉTICO en función de su espesor.
148. PARA ELLO es preciso seleccionar LOS MATERIALES ADECUADOS y prepararlos apropiadamente.

149. Recientemente, siguiendo una sugerencia de Félix Ynduráin, de la UAM, que ha calculado que la interacción electrónica entre cobalto y cobre es extremadamente pequeña, se ha realizado ESTE EXPERIMENTO desarrollando epitaxialmente películas de un material magnético (cobalto) sobre un sustrato monocristalino de un material no magnético (cobre).

PÁRRAFO 28

150. El número de capas atómicas depositadas SOBRE EL SUBSTRATO se puede determinar con precisión exquisita, midiendo la intensidad reflejada de un haz de átomos de helio que se hace incidir sobre la superficie de cristal, mientras éste está creciendo.
151. LA TÉCNICA se muestra extraordinariamente sensible al orden superficial, ya que los átomos de helio, al ser neutros, no pueden penetrar dentro de la superficie y rebotan como bolas de billar sobre ella.
152. LA INTENSIDAD REFLEJADA oscila durante la evaporación siendo máxima cuando se completa una capa atómica y mínima justo cuando se ha depositado media monocapa.
153. Basta, PUES, contar LAS OSCILACIONES para saber el número de capas de átomos que se han depositado.
154. Cuando el cristal del sustrato se ha preparado de una manera cuidadosa, es posible desarrollar CAPAS BIDIMENSIONALES de alta perfección estructural.
155. ASÍ, Juan José de Miguel, del LASUAM, en un trabajo conjunto con el grupo de J. Kirschner, de la Universidad Libre de Berlín, ha determinado la temperatura de Curie de CAPAS ULTRACONGELADAS DE COBALTO DE ESPESOR VARIABLE CRECIDAS EPITAXIALMENTE SOBRE COBRE.

156. HAN OBTENIDO unos resultados sorprendentes.
157. LA TEMPERATURA DE CURIE DE PELÍCULAS DELGADAS es mucho menor que la del material masivo y, además varía notablemente con el espesor evaporado.
158. Se necesitan de cinco a seis capas de átomos para alcanzar LA TEMPERATURA DE CURIE del volumen.
159. MÁS SORPRENDENTE AÚN es el hecho de que una extrapolación lineal de los datos experimentales sugiera que LA TEMPERATURA DE CURIE DE UNA SOLA CAPA ATÓMICA DE COBALTO sea de cero grados Kelvin;
160. ESTO ES, UNA CAPA Estrictamente BIDIMENSIONAL no presentaría orden magnético a ninguna temperatura finita.

PÁRRAFO 29

161. ESTOS RESULTADOS nos han permitido explorar un terreno de gran interés práctico.
162. EN EFECTO, la industria que utiliza el almacenamiento magnético de información demanda EL DESARROLLO DE SOPORTES MATERIALES QUE PUEDAN CONTENER CADA VEZ MAYOR CANTIDAD DE INFORMACIÓN.
163. EN PARTICULAR, sería muy conveniente poder ALMACENAR INFORMACIÓN MAGNÉTICA en tres dimensiones.
164. PARA ELLO deberíamos disponer de nuevos materiales con alta anisotropía estructural y magnética

165. [véase «MATERIALES ELECTRÓNICOS Y MAGNÉTICOS», por Prahaven Claudhari, INVESTIGACION Y CIENCIA, diciembre de 1986].
166. UNA ESTRATEGIA extendida en la actualidad consiste en desarrollar, en condiciones de ultra alto vacío, cristales sintéticos de periodicidad artificial: las superredes.
167. UNA SUPERRED METÁLICA está formada por capas delgadas alternadas de dos metales A y B, de distintas propiedades.
168. EN EL CASO QUE NOS OCUPA, A sería un material magnético y B un metal no magnético.
169. LOS ÁTOMOS DE AMBOS METALES se evaporan cuidadosamente sobre un soporte elegido, para que el crecimiento de ambos sea epitaxial y sus periodicidades verticales bien definidas.
170. DE ESTE MODO, se consigue desarrollar cristales con las periodicidades deseadas de fases que no existen en la naturaleza o que son metaestables.
171. La exploración de las propiedades magnéticas de ESTOS NUEVOS MATERIALES no ha hecho más que comenzar, y ya nos ha suministrado varias sorpresas, indicio de que algo excitante se esconde en la naturaleza cuando nuestro control sobre ella alcanza este nivel de refinamiento.

PÁRRAFO 30

172. En un esfuerzo reciente del laboratorio de superficies de la UAM - A. Cebollada y J. M. Gallego han desarrollado multicapas cristalinas de COBALTO/COBRE por evaporación alternada sobre la cara (100) de monocristales de cobre.

173. El espesor de COBALTO repetido periódicamente ha superado siempre la cifra de seis capas atómicas, de suerte que cada unidad estructural de la superred alcanzase las propiedades magnéticas del volumen.
174. El número de CAPAS EVAPORADAS y su perfección estructural se han determinado mediante la técnica de oscilaciones en la intensidad reflejada de haces de helio descrita más arriba.
175. Las propiedades magnéticas de ESTAS SUPERREDES METÁLICAS, estudiadas en colaboración con J.L. Martínez mediante difracción de neutrones en el Instituto Laue-Langevin, han resultado ser inesperadas.
176. En ausencia de un campo magnético exterior, LA SUPERRED se comporta como un material antiferromagnético, esto es, el vector magnetización de las capas de cobalto, que se encuentra siempre en el plano de éstas, está ordenado antiparalelamente en capas consecutivas [véase la figura 12].
177. EN ESTAS CONDICIONES, LA SUPERRED en su conjunto no presenta magnetización alguna.

PÁRRAFO 31

178. Al aplicar un campo magnético exterior de intensidad elevada en la dirección paralela al plano de las capas, éstas se ordenan magnéticamente en la dirección del campo externo y LA SUPERRED se convierte en ferromagnética.
179. SIN EMBARGO, LO MÁS INTERESANTE ocurre cuando EL CAMPO EXTERNO se aumenta de una manera suave.
180. PARA CIERTOS VALORES BIEN DEFINIDOS DE ÉSTE, la magnetización de la superred parece crecer de una manera discreta.

181. ESTO sugiere que, aplicando un campo magnético exterior de esta magnitud, es preciso crear complejos patrones de magnetización EN LA SUPERRED.
182. La aplicación práctica de ESTOS DESCUBRIMIENTOS para el almacenamiento de información no está aún a la vista, pero es indiscutible que nuestra capacidad de explorar la física de sistemas de baja dimensionalidad está abriendo por primera vez un mundo fascinante a nuestros ojos.

PÁRRAFO 32

183. LOS EJEMPLOS RESEÑADOS EN ESTE ARTÍCULO describen parte del esfuerzo realizado en los últimos años en el laboratorio de superficies de la UAM.
184. Aunque NO CUBREN toda la riqueza de la física de superficies e interfase, sí pueden considerarse representativos de la fase explosiva de crecimiento que ésta atraviesa desde hace unos años en todo el mundo.
185. Benevolentemente, podría calificarse la situación actual de ESTA DISCIPLINA como de adolescencia.
186. Los próximos años conducirán, con toda probabilidad, a UNA ETAPA DE MADUREZ en la que la comprensión y el control de la naturaleza, en su nivel atómico, que estamos alcanzando, fructificará en nuevos y espectaculares desarrollos básicos y aplicados.

ANEXO 8

TRANSICIONES DE FASE EN LAS PEROVSKITAS

0. La sencillez estructural de ESTOS COMPUESTOS ha permitido establecer relaciones entre sus variaciones de simetría, transiciones de fase y propiedad físicas

PÁRRAFO 1

1. LAS PEROVSKITAS han suscitado interés en dos campos distintos, aunque complementarios.
2. EN CIENCIA BÁSICA, ESTOS MATERIALES han tenido carácter pionero en el descubrimiento y comprensión de muchos fenómenos del estado sólido, como la ferroelectricidad, asociándolos a cambios en los estados o posiciones de los átomos constituyentes.
3. EN EL DOMINIO DE LA TECNOLOGÍA, ALGUNOS MATERIALES CON ESTRUCTURA DE PEROVSKITAS son utilizados como sensores, componentes electrónicos, abrasivos y otros, de obvio interés económico.
4. DE HECHO, CON LAS PEROVSKITAS se ha producido un proceso de realimentación, por el cual las aplicaciones técnicas han incentivado la ciencia fundamental y viceversa.

PÁRRAFO 2

5. Con la aparición de los superconductores de alta temperatura crítica se ha renovado el interés en LAS PEROVSKITAS.

6. Materiales como $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ o $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, en los que se produjeron LOS PRIMEROS HALLAZGOS, presentan estructuras derivadas de TALES COMPUESTOS.
7. EN ESTOS MATERIALES se evidencia el paradigma ciencia-tecnología;
8. existe un interés CIENTÍFICO básico, ya que no se conoce bien el mecanismo que produce la superconducción, y un interés TECNOLÓGICO, porque sus propiedades pueden revolucionar la industria eléctrica y electrónica.
9. EN EFECTO, desde hace cuatro años se vive una auténtica carrera mundial en la obtención de SUPERCONDUCTORES con mayor temperatura crítica (superior a 200 grados Kelvin en el $\text{Y}_5\text{Ba}_6\text{Cu}_{11}\text{O}_4$ cuando se publica este artículo), y con corrientes críticas competitivas similares a los materiales convencionales, así como en la búsqueda de posibles aplicaciones.
10. Con nuestros antecedentes de trabajo en perovskitas, ha resultado natural participar, en colaboración con otros laboratorios nacionales y extranjeros, en el estudio de LOS NUEVOS SUPERCONDUCTORES.

PÁRRAFO 3

11. En este artículo pretendemos ilustrar las propiedades más relevantes de LAS PEROVSKITAS, mostrar los cambios de fase más característicos, la variación de propiedades que producen y las herramientas experimentales que permiten su estudio.
12. ADEMÁS, se avanza, a la luz de los conocimientos actuales, las causas microscópicas de LOS COMPORTAMIENTOS OBSERVADOS.

PÁRRAFO 4

13. ¿Qué son las perovskitas?

14. Se da el nombre de PEROVSKITAS a varias familias de materiales naturales y sintéticos, de estructura semejante a la del mineral perovskita CaTiO_3 .
15. EN UNA PEROVSKITA CÚBICA IDEAL ABX_3 , los átomos A [véase la figura 1a] se sitúan en los vértices del cubo, los B en su centro y los X en el centro de las caras.
16. LA ESTRUCTURA está formada por grupos octaédricos, BX_6 , muy estables, lo que permite una descripción poliédrica de la red cristalográfica como un conjunto de octaedros enlazados por sus vértices, donde los átomos A ocupan el centro de los espacios intermedios
17. [véase la figura 1b].
18. La variedad posible de componentes básicos de LAS PEROVSKITAS, A, B, X, hace que el material pueda estar agregado por interacciones de distinta intensidad y carácter, dando lugar a propiedades diferentes según sea su constitución cristalográfica, magnética o eléctrica, es decir, sus fases.
19. ASÍ cuando X es un anión como flúor (F), cloro (Cl) o bromo (Br), y A y B, cationes, da lugar a compuestos iónicos que serán buenos aislantes eléctricos.
20. SIN EMBARGO, se pueden obtener PEROVSKITAS CON ENLACE ESENCIALMENTE METÁLICO, y por ello conductores eléctricos, como en los compuestos intermetálicos de manganeso (Mn) con nitrógeno, Mn_3MN , y carbono, Mn_3MC , donde M es un metal de transición.

PÁRRAFO 5

21. Ningún científico cuestiona que el conocimiento completo de las interacciones elementales entre LOS COMPONENTES DE LA MATERIA permite predecir y caracterizar nuevas fases, analizar procesos de cambio y comprender los mecanismos que lo producen.
22. SIN EMBARGO, TODO INVESTIGADOR sabe igualmente que ESTA TAREA, objeto de la física de estado sólido, no es posible sin simplificaciones, y una de las mayores ayudas son el orden periódico inherente al estado cristalino y la simetría.
23. OTRA SIMPLIFICACIÓN IMPORTANTE es la relativa a la localización de los electrones;
24. POR ESO, consideraremos en este artículo, por orden, las perovskitas aislantes (CON ELECTRONES LOCALIZADOS), las conductoras eléctricas (CON ELECTRONES DESLOCALIZADOS), los óxidos con estructura de perovskita, cuyos representantes cubren ambos extremos, y, finalmente, los nuevos óxidos superconductores.

PÁRRAFO 6

Aislantes eléctricos

25. Empecemos por LAS PEROVSKITAS EN CUANTO AISLANTES ELÉCTRICOS.
26. EN CUALQUIER MATERIAL, uno de los mecanismos fundamentales de absorción de energía es la variación del estado de movimiento de los átomos que lo constituyen.

27. La mayor intensidad de enlace B-X de los octaedros BX_6 facilita el estudio de LAS VIBRACIONES ATÓMICAS COLECTIVAS DE LAS PEROVSKITAS (modos fonónicos), porque permite su clasificación en modos internos de octaedros aislados y en movimientos relativos de los octaedros aislados y en movimientos relativos de los octaedros y de los átomos de la subred A.

PÁRRAFO 7

28. LA MAYORÍA DE LAS PEROVSKITAS CÚBICAS, al bajar la temperatura, sufren deformaciones que pueden describirse como giros de los octaedros alrededor de sus diagonales o como distorsiones de su regularidad.

29. Más allá de la descripción de LAS ESTRUCTURAS DEFORMADAS, nos interesa su evolución, lo que exige conocer las posiciones atómicas y sus oscilaciones.

30. EN LAS PEROVSKITAS, LOS MODOS FONÓNICOS M_3 Y R_{25} adquieren especial interés, razón por la cual los describimos a continuación.

31. Si, EN UNA CAPA DE OCTAEDROS [véase la figura 2] uno de ellos gira hacia la izquierda alrededor de la diagonal perpendicular a la capa, al compartir vértices los cuatro adyacentes giran hacia la derecha y originan un movimiento de vaivén coherente.

32. A SU VEZ, LOS OCTAEDROS DE LAS CAPAS INMEDIATAS SUPERIOR E INFERIOR pueden oscilar a la par (modo M_3) o en oposición (modo R_{25}).

33. ESTOS MOVIMIENTOS COORDINADOS se llaman «modos normales» de la red y cualquier movimiento de los átomos que constituyen pueden describirse como la superposición de todos los modos normales posibles.

PÁRRAFO 8

34. LA SITUACIÓN MÁS SIMPLE se da, POR EJEMPLO, en la perovskita KZnF_3 , que mantiene la simetría cúbica a cualquier temperatura y no sufre transición de fase alguna.
35. POR ELLO, ES un material ideal para contrastar sus propiedades con las del resto de la serie.
36. La energía DE LOS MODOS NORMALES DE VIBRACIÓN puede estudiarse directamente mediante la técnica de dispersión inelástica de neutrones.
37. Si se bombardea con UN HAZ DE NEUTRONES y se analiza la ganancia o pérdida de energía de LOS NEUTRONES DISPERSADOS, se obtienen las energías de vibración características de los modos fonónicos.
38. Los efectos de la absorción de ENERGÍA se reflejan globalizadamente en LA CAPACIDAD CALORÍFICA, cociente entre la energía térmica que se absorbe y el aumento de temperatura que provoca.
39. Las medidas de DISPERSIÓN DE NEUTRONES junto con las de CAPACIDAD CALORÍFICA han demostrado que la descripción de las propiedades físicas de ESTA PEROVSKITA puede hacerse mediante modos fonónicos.
40. ADEMÁS, se ha probado la práctica ausencia de anarmonicidad EN EL KZnF_3 ;
41. ESTO ES, LOS ENLACES INTERATÓMICOS actúan como si fueran muelles elásticos.

PÁRRAFO 9

42. EN OTROS CASOS, al bajar LA TEMPERATURA, la frecuencia de un tipo de oscilación de los octaedros tiende a cero y la amplitud de dicho movimiento de vaivén disminuye hasta llegar a detenerse, quedando cada octaedro girado respecto de su posición original.
43. ESTE HECHO se denomina ablandamiento o condensación de un modo y permite predecir la deformación final de la estructura.
44. La disminución y desaparición de LA OSCILACIÓN se debe, en general, a falta de armonicidad en los enlaces, a la existencia de más de una posición de equilibrio de los átomos o ambas causas.
45. La reducción de la simetría cúbica por ablandamiento de alguno de LOS MODOS DE VIBRACIÓN conduce a variaciones en las posiciones de los iones; variaciones que suelen asociarse a cambios múltiples en sus propiedades .

PÁRRAFO 10

46. Un ejemplo característico de LA SITUACIÓN MENCIONADA se observa en el BaTiO_3 .
47. Al disminuir la temperatura, LA CELDA ELEMENTAL pasa de simetría cúbica a tetragonal por alargamiento de una de las aristas, posteriormente se alarga una de las diagonales de las caras adquiriendo simetría ortorrómbica y, por último, se alarga una de las diagonales del cuerpo, dando lugar a simetría romboédrica.
48. Los iones titanio (Ti^{4+}), partiendo de la posición que ocupan en SIMETRÍA CÚBICA, al bajar la temperatura se desplazan en las direcciones citadas.

49. A LAS TEMPERATURAS en que se producen las transiciones de fase (cambios de SIMETRÍA), la permitividad eléctrica, la capacidad calorífica y la expansión térmica, entre otras magnitudes físicas, varían de forma anómala.
50. EN CONCRETO, en LA PRIMERA TRANSICIÓN A 393 GRADOS KELVIN aparecen dipolos eléctricos que se alinean de manera espontánea (fase ferroeléctrica), y la permitividad eléctrica aumenta considerablemente.
51. POR OTRO LADO, EN LAS TRANSICIONES A TEMPERATURAS INFERIORES se producen cambios discontinuos en el valor y dirección de los momentos dipolares, aunque el material sigue siendo ferroeléctrico.

PÁRRAFO 11

52. En el caso de que se produzca una gran deformación en el transcurso de UNA TRANSICIÓN DE FASE, aparece un efecto secundario.
53. El material se rompe o fractura en dominios cristalográficos, cuyos ejes principales en LA FASE DEFORMADA coinciden con los equivalentes en la fase de simetría superior.
54. Una vez que EL CRISTAL se ha dividido en pequeños dominios o maclas, la transición de FASE se produce abruptamente.
55. ESTA CARACTERÍSTICA dificulta a menudo el estudio y la aplicación de estos materiales.

PÁRRAFO 12

Presencia de momentos magnéticos.

56. LA PRESENCIA DE MOMENTOS MAGNÉTICOS localizados en los cationes B añade grados de libertad al sistema y posibilidades de acoplamiento con los octaedros, aumentando el número de posibles fases.
57. El acoplamiento más débil entre la red cristalina y LOS MOMENTOS MAGNÉTICOS se presenta en iones con estructura electrónica similar a la del ion manganeso (Mn^{2+}).
58. Un prototipo de ESTE COMPORTAMIENTO sería el caso de $RbMnF_3$, compuesto que tiene estructura cúbica ideal en todo el rango de temperatura.
59. LOS MOMENTOS MAGNÉTICOS de los Mn próximos interactúan por intercambio electrónico a través de puentes Mn-F-Mn (interacción de superintercambio);
60. EL EFECTO NETO consiste en que LOS MOMENTOS MAGNÉTICOS VECINOS tienden a orientarse antiparalelamente.
61. Por debajo de la temperatura crítica ($T_N = 83$ grados Kelvin), llamada temperatura de Neel, la interacción induce SU ORDENAMIENTO sin que haya cambio de simetría ni otras variaciones apreciables en la red cristalográfica.
62. Hay dos subredes cúbicas, interpenetrantes, idénticas y con compensación exacta de MOMENTOS (antiferromagnetismo).

PÁRRAFO 13

63. En el $KMnF_3$ la sustitución del ion rubidio (Rb^+) por potasio (K^+), más pequeño, inestabiliza LA RED y se producen sucesivas transiciones de fase, independientemente de la interacción magnética.

64. Partiendo de LA FASE cúbica de alta temperatura [figura 3a], la condensación del modo R_{25} a 186 grados Kelvin conduce a una fase distorsionada tetragonal [figuras 3b y 3c].
65. El modo M_3 que sigue activo A DICHA TEMPERATURA, se ablanda a 91 grados K y sus distorsión se superpone a la anterior [figura 3d].
66. AHORA BIEN, como el sentido de la rotación del MODO M_3 respecto del R_{25} coincide en una capa y se opone en la siguiente el ángulo total girado por los octaedros aumenta y disminuye en capas alternas, respectivamente.
67. A TEMPERATURAS AÚN MÁS BAJAS, 81,5 GRADOS K, se produce una distorsión de los propios octaedros, que dejan de ser regulares.
68. ESTAS TRANSICIONES se reflejan en las medidas de dilatación térmica y susceptibilidad magnética de monocristales [figura 3].

PÁRRAFO 14

69. En la fase cúbica, los momentos están desordenados (fase paramagnética), LAS TRANSICIONES estructurales no causan efectos magnéticos detectables y el ordenamiento magnético se produce espontáneamente a 88 grados K, sin cambio estructural asociado.
70. SIN EMBARGO, POR DEBAJO DE ESTA TEMPERATURA los iones Mn^{2+} ocupan cuatro posiciones no equivalentes y, a su vez, cada momento magnético tiene su dirección fija dentro del octaedro.
71. Como consecuencia de ELLO se forman cuatro subredes magnéticas [figura 3e].

72. A MÁS BAJA TEMPERATURA se produce descompensación de los momentos debido a una ulterior distorsión, apareciendo una fase débilmente ferromagnética [figura 3f].
73. El acoplamiento estructural y magnético, que provoca LA DISTORSIÓN de los octaedros, es débil;
74. se habla ENTONCES de origen magnetoelástico.

PÁRRAFO 15

75. En perovskitas con iones $B=\text{Co}^{2+}$, ACoF_3 , $A=\text{Ti}^+$, Rb^+ , K^+ , NH^+ , EL ACOPLAMIENTO entre momentos magnéticos y distorsiones es más intenso.
76. LA DISTORSIÓN estructural, el ordenamiento MAGNÉTICO y, en algunos casos, la aparición de débil ferromagnetismo son simultáneas.
77. ESTE MAYOR ACOPLAMIENTO MAGNETO-ESTRUCTURAL se debe a la mayor anisotropía magnética del ion cobalto (Co^{2+}).

PÁRRAFO 16

78. UN MAYOR ACOPLAMIENTO ELECTRÓNICO ESTRUCTURAL se presenta en perovskitas con iones $B=\text{Cu}^{2+}$ y Cr^{2+} ;
79. EL COBRE Y EL CROMO poseen, respectivamente, un electrón o un hueco en su última capa electrónica.

80. EL ENTORNO OCTAÉDRICO disminuye su energía alargando una de sus diagonales, fenómeno que constituye el efecto Jahn-Teller estático, que debe su nombre a H. A. Jahn y E. Teller.
81. ESTE es el caso de las perovskitas KCuF_3 y KCrF_3 , cuya estructura es tetragonal porque, de partida, los octaedros individuales BF_6 están deformados a cualquier temperatura.
82. LOS OCTAEDROS, al compartir vértices, se conectan con las diagonales alargadas perpendiculares entre sí, dando simetría tetragonal.
83. EN ESTOS DOS COMPUESTOS, el efecto Jahn-Teller es tan intenso que la deformación se mantiene a cualquier temperatura y, por tanto, no hay transiciones de fase estructurales.

PÁRRAFO 17

84. POR EL CONTRARIO, otras perovskitas de cobre y cromo, como los compuestos CsCuCl_3 , CsCrCl_3 y RbCl_3 , presentan deformaciones dinámicas que dan lugar a TRANSICIONES DE FASE, y hablamos entonces de efecto Jahn-Teller dinámico.
85. EN ESTAS PEROVSKITAS los octaedros BCl_6 se apilan compartiendo caras [véase la figura 4a];
86. LA SIMETRÍA es hexagonal.
87. LA RED CRISTALOGRAFICA se considera formada por cadenas paralelas de octaedros separadas por iones Cs o Rb.

88. El efecto Jahn Teller activa el alargamiento de una diagonal por OCTAEDRO, pero a altas temperaturas es posible que resulte alargada una cualquiera de las tres diagonales equivalentes y perpendiculares X, Y, Z.
89. EL EFECTO RESULTANTE es una deformación dinámica al azar, como lo confirman las medidas de espectroscopía visible, infrarroja y EXAFS «Extended X-Ray Absorption Fine Structure») [figura 5b].
90. AHORA BIEN, la dirección de DEFORMACIÓN de cada octaedro cambia rápidamente y la difracción de rayos-X, que promedia en el tiempo las posiciones atómicas, detecta octaedros regulares.

PÁRRAFO 18

91. Al disminuir la temperatura, SE DIFICULTA hasta acabar por cesar;
92. CESA EL CAMBIO ENTRE LAS DIRECCIONES DE DEFORMACIÓN, hasta que se detiene el movimiento.
93. TODOS Y CADA UNO DE LOS OCTAEDROS quedan distorsionados en una sola de sus diagonales, fenómeno éste conocido por transición Jahn-Teller cooperativa.
94. La estructura de baja temperatura corresponderá a la organización espacial de OCTAEDROS DEFORMADOS que tenga menor energía elástica.
95. El CsCrCl_3 a 171 grados K SE DEFORMA y pasa a simetría monocíclica, en la que las diagonales deformadas de los octaedros a lo largo de las cadenas crean una secuencia ZXZYZX.

96. En el compuesto CsCuCl_3 , la transición A 423 GRADOS K conduce a UNA SECUENCIA ZXYZXY, mientras que en el RbCrCl_3 hay una estructura intermedia Z (XY)Z.
97. EL PARÉNTESIS significa que, fijada la distorsión de un octaedro a lo largo de la diagonal Z, los adyacentes se deforman dinámicamente entre X e Y dando una estructura parcialmente desordenada.
98. ESTE DESORDEN estabiliza la fase intermedia, ya que cualquiera de las secuencias tiene la misma energía elástica.

PÁRRAFO 19

Transiciones de reorientación molecular

99. Los movimientos de los octaedros BX_6 y de los iones A también están acoplados y se manifiestan con mayor intensidad cuando estos últimos tienen grados de libertad adicionales.
100. UN CASO SIGNIFICATIVO se produce en perovskitas que contienen el ion amonio (NH_4^+), verbigracia, la $\text{NH}_4 \text{MF}_3$.
101. Los átomos H DEL NH_4^+ forman un tetraedro regular que gira como un todo alrededor de su centro de masas, o bien elige orientaciones preferentes cuando se acopla con la red cristalina.
102. EN PARTICULAR, EL ENLACE H-F es muy intenso, por lo que los H apuntan hacia los F⁻.
103. A causa de la simetría cúbica, existen seis ORIENTACIONES posibles y geoméricamente distinguibles con la misma energía de enlace.

104. EN VIRTUD DE LO CUAL, el ion NH_4^+ pasa de UNA A OTRA si posee energía suficiente para saltar la barrera energética existente entre ellas [véase la figura 5a].

PÁRRAFO 20

105. Con difracción elástica de neutrones se ha determinado que los átomos de hidrógeno de CADA NH_4^+ residen en 24 posiciones situadas simétricamente dos a dos sobre las líneas N-F y que simultáneamente sólo se ocupan de cuatro en cuatro.
106. SIN EMBARGO, TODAS tienen la misma probabilidad de ser visitadas por los hidrógenos, y así lo hacen de forma dinámica mediante reorientaciones del NH_4^+ entre las seis posiciones posibles.

PÁRRAFO 21

107. Mediante dispersión cuasi-elástica de neutrones se puede medir la ganancia o pérdida de energía cuando éstos colisionan con los átomos H del NH_4^+ en rotación.
108. EL GRAN NÚMERO DE COLISIONES PRODUCIDAS da una estadística indicativa de los movimientos más frecuentes de NH_4^+ , que son giros alrededor de los ejes cuaternarios del cubo.
109. ADEMÁS, la disminución exponencial de LA FRECUENCIA DEL SALTO en la figura 5b como un ensanchamiento del espectro cuasi-elástico, permite obtener la energía de la barrera que debe superar el ion amonio para reorientarse.

PÁRRAFO 22

110. La observación directa de la dependencia de «LAS ALTURAS» DE LAS BARRERAS DE ENERGÍA con la distancia puede realizarse aplicando altas presiones hidrostáticas, que reducirán progresivamente el volumen
111. [véase «Celdilla de yunques de diamante para producir ALTAS PRESIONES», por A. Jayaraman; INVESTIGACION Y CIENCIA, junio de 1984].
112. Las medidas de espectroscopía Raman muestran un incremento importante en LA ENERGÍA DE LAS VIBRACIONES de los H en la dirección del enlace N-H al aumentar LA PRESIÓN, en contra de lo esperado si el enlace fuera exclusivamente electrostático.
113. ESTA EXPERIENCIA indica, POR TANTO, que las fuerzas interatómicas deben tener una fuerte componente repulsiva.

PÁRRAFO 23

114. UNA CARACTERÍSTICA DE LA SERIE NH_4MF_3 es la presencia de una anomalía aguda en la capacidad calorífica a la temperatura de la transición de reorientación, cuya entropía es muy superior a las observadas en otras perovskitas que no contienen amonio.
115. Curiosamente, EL CONTENIDO ENTRÓPICO es próximo al logaritmo neperiano de 3.
116. La variación de ENTROPÍA se relaciona con el logaritmo del cociente del número de orientaciones posibles antes y después de la transición.

117. Por tanto, LA PRESENCIA de SEIS ORIENTACIONES EN LA FASE de alta temperatura implicaría que en la de baja deberán existir dos orientaciones, lo que se ha confirmado en medidas del espectro Raman de las vibraciones características del NH_4^+ .

PÁRRAFO 24

118. DE TODO LO ANTERIOR resulta evidente LA EXISTENCIA de un acoplamiento fuerte entre la subred de NH_4^+ y los octaedros MF_6^- tal que, cuando éstos se deforman, arrastran a los iones armonio y provocan una reducción en sus grados de libertad previos.
119. ESE FENÓMENO se denomina transición de reorientación.

PÁRRAFO 25

Perovskitas conductoras

120. LAS PEROVSKITAS METÁLICAS Mn_3Mn derivan estructuralmente del MN_4N .
121. El nitrógeno se enlaza fuertemente con LOS SEIS MN MÁS PRÓXIMOS y se constituye un octaedro regular muy estable.
122. LOS OCTAEDROS comparten vértices y forman así la estructura de perovskita cúbica.
123. En los intersticios entre OCTAEDROS se localizan átomos de Mn, más débilmente enlazados y de fácil sustitución por distintos metales de transición.

124. El fuerte enlace N-Mn en LOS OCTAEDROS se debe a la hibridación de orbitales electrónicos localizados p del N y d del Mn, mientras que el carácter metálico se debe a la banda de estados electrónicos s del Mn y s, p de los metales intersticiales M.

PÁRRAFO 26

125. Los modos de vibración colectiva de ESTOS OCTAEDROS son los mismos que en la perovskitas aislantes, pero el problema es más complejo porque hay bandas de electrones localizados (bandas d puras e híbridas p-d) y deslocalizados (bandas s y p) que se superponen en energía.
126. LOS ELECTRONES ocupan todos los estados de las bandas hasta llegar a la energía de Fermi, que es la máxima que puede tener un electrón a la temperatura del cero absoluto.
127. LA ENERGÍA DE FERMI es sensible a la forma de las bandas y número de electrones que aportan los metales de transición.
128. EN PARTICULAR, ESTE NÚMERO puede ser muy alto si la banda localizada proveniente de la hibridación p-d tiene una energía próxima a la de Fermi.
129. Una comprobación indirecta de ESTA PROPOSICIÓN se ha realizado con técnica XANES («X-ray Absorption Near Edge Structure») y radiación de sincrotrón, que es sensible a la densidad de estados electrónicos por encima del nivel de Fermi, detectando la presencia de una banda vacía próxima.

PÁRRAFO 27

130. La simetría cúbica posibilita la triple degeneración espacial: tres direcciones equivalentes y tres estados electrónicos con energía idéntica;
131. ADEMÁS, CADA ELECTRÓN dispone de dos estados espinoriales distintos correspondientes a los dos valores posibles del número cuántico de espín ($S_z = 1/2$), y la degeneración total es seis.
132. Cualquier interacción que rompa LA DEGENERACIÓN, esto es, que minimice la energía de algunos estados, provoca una transición.
133. POR EJEMPLO, a 1500 grados K el Mn_4N pasa de simetría hexagonal a cúbica y a 756 grados K se ordena magnéticamente.
134. EN ESTA ÚLTIMA TRANSICIÓN se rompe la degeneración espinorial y se produce UN ORDENAMIENTO FERRIMAGNÉTICO, esto es, los momentos magnéticos que son distintos en los dos tipos de Mn se alinean antiparalelamente.

PÁRRAFO 28

135. En las perovskitas Nn_3MN , donde M representa átomos de galio (Ga), cinc (Zn), cobre (Cu) o níquel (Ni), que no poseen momento magnético, EL ORDENAMIENTO debería ser MÁS SIMPLE, porque sólo intervienen los momentos de los Mn.
136. SIN EMBARGO, aparecen EFECTOS debidos a frustración en EL ORDENAMIENTO DE LOS MOMENTOS.

137. ASÍ, a 278 grados K en el Mn_3GaN y a 191 grados K en el Mn_3ZnN hay UN ORDENAMIENTO antiferromagnético triangular, con aumento de volumen y sin cambios de simetría.

PÁRRAFO 29

138. EN EL Mn_3ZnN , Y A 127 GRADOS K, hay UNA SEGUNDA TRANSICIÓN;
139. consiste ÉSTA en una contracción de volumen, cambio de estructura magnética y reducción en el valor de los momentos magnéticos, que se interpreta como un incremento en la deslocalización de los electrones de valencia.
140. La diferencia esencial entre AMBOS COMPUESTOS radica en que el Ga aporta un electrón más que el Zn, lo que conduce a la disminución del volumen de la perovskita cúbica en la fase paramagnética.

PÁRRAFO 30

141. En la sustitución de nitrógeno por carbono, LAS DIFERENCIAS ESENCIALES se deben a que este último aporta un electrón menos que el primero y a que la energía del enlace híbrido es menor.
142. Considerando CARBUROS Y NITRUROS isoelectrónicos, tales como Mn_3GaC y Mn_3ZnN (el electrón en exceso del Ga es compensado por el defecto del C), su comportamiento debiera ser SEMEJANTE.
143. Sin embargo, la energía de LOS ELECTRONES p EN LOS CARBUROS es inferior a la del orbital d del Mn que se encuentra en resonancia en el enlace híbrido, dando como consecuencia estructuras magnéticas distintas.

144. Hemos ilustrado en la figura 6 las anomalías en la capacidad calorífica producidas a una temperatura de Neel de 243 grados K por EL ORDENAMIENTO FERROMAGNÉTICO de los momentos de LOS Mn en dirección de la diagonal principal del cubo, y una TRANSICIÓN DE REORIENTACIÓN FERROANTIFERROMAGNÉTICA a 172 grados K.

PÁRRAFO 31

145. El llenado electrónico de la banda de valencia puede hacerse de forma continua, sustituyendo átomos de Mn intersticial por cinc o galio en las disoluciones sólidas $Mn_3 (Mn_xM_1x)N$.
146. En SU diagrama de fase estructural y magnético aparece una fase magnética parcialmente desordenada denominada vidrio espinorial.
147. EN ELLA los momentos magnéticos presentan viscosidad a la rotación cuando se los somete a campos magnéticos.

PÁRRAFO 32

Óxidos con estructura de perovskita

148. Aunque hemos analizado las transiciones de fase de las perovskitas aislantes y conductoras por separado, EN LOS ÓXIDOS (ABO_3) no puede aplicarse esta división, ya que no hay perovskitas como $SrVO_3$ y $LaNiO_3$ que tienen conducción metálica;
149. OTRAS, POR EJEMPLO, $LaFeO_3$ y $LaCrO_3$, son semiconductoras, y otras, $SrTi_3$ y $BaTiO_3$, se comportan como buenos aislantes.

PÁRRAFO 33

150. ADEMÁS, DETERMINADAS PEROVSKITAS se convierten en superconductoras (verbigracia $\text{BaPb}_{1-x}\text{Bi}_x\text{O}$)³, aunque a temperaturas por debajo de los 13 grados K.
151. ESTA VARIEDAD, unida a las distorsiones estructurales, da una gama amplia de propiedades de interés y de transiciones de fase.
152. Describimos tan sólo algunos de los óxidos menos conocidos en cuanto A SUS PROPIEDADES Y ESTRUCTURA.

PÁRRAFO 34

Estructuras derivadas de la perovskita

153. TODO EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL ANTERIOR se ha basado en la consideración de los octaedros como poliedros básicos conectados por sus seis vértices.
154. Partiendo de ELLOS pueden aparecer estructuras similares en las que los octaedros poseen en común un número menor de vértices.
155. POR EJEMPLO, en el Ca_2Mn_4 LOS OCTAEDROS Mn_6 sólo comparten cuatro vértices, formando capas separadas por otras de iones Ca^{2+} , siendo la simetría tetragonal [véase la figura 7a].
156. CON ESTA GEOMETRÍA ha sido posible estudiar la dependencia de las propiedades magnéticas de un sistema cuasibidimensional gracias a la interacción, muy débil, entre capas.

PÁRRAFO 35

157. En el $\text{Ca}_3\text{Mn}_2\text{O}_7$ LOS OCTAEDROS comparten cinco vértices y forman capas dobles separadas por otras de Ca^{2+} , como en EL CASO ANTERIOR.
158. En el $\text{Ca}_4\text{Mn}_3\text{O}_{10}$ DOS TERCIOS DE LOS OCTAEDROS COMPARTEN CINCO VÉRTICES Y UN TERCIO SEIS, formándose así capas triples.
159. Caben OTRAS MUCHAS COMBINACIONES, pero todas tienen el hecho estructural común de contener la celda elemental de las perovskitas cúbicas, lo que permite su análisis siguiendo las líneas vistas hasta ahora.
160. MEDIANTE ESTA SECUENCIA DE COMPUESTOS se ha podido observar el «cruzamiento» de dimensionalidad desde el caso bidimensional al tridimensional.

PÁRRAFO 36

Superconductores de alta temperatura crítica

161. LOS SUPERCONDUCTORES DE ALTA TEMPERATURA CRÍTICA provienen de las perovskitas ABO_3 .
162. La celda elemental ortorrómbica de LA SERIE $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (donde R sustituye al itrio o una tierra rara) está formada por una celda cúbica unidad de RCuO_3 , situada entre dos de BaCuO_3 ;
163. EN DICHA CELDA UNITARIA hay un defecto de más de dos átomos de oxígeno por fórmula unidad.
164. Al igual que en las perovskitas cúbicas, ESTOS NUEVOS SUPERCONDUCTORES sufren transiciones de fase estructurales y aparecen dominios cristalográficos.

cos en que el par de ejes a y b están orientados en distintas direcciones, esto es, se forman maclas.

PÁRRAFO 37

165. Al aplicar un campo magnético a UN SUPERCONDUCTOR se inducen supercorrientes en una capa superficial de pequeño espesor que expulsan el flujo magnético del interior del material.
166. ESTE EFECTO recibe el nombre de su descubridor, W. Meissner.
167. LA EXPULSIÓN DE FLUJO es completa si DICHO CAMPO es inferior a H_{ci} (campo crítico inferior).
168. AHORA BIEN, los superconductores de alta temperatura crítica son de tipo II;
169. ELLO quiere decir que, A CAMPOS MAGNÉTICOS MAYORES H_{ci} , el flujo magnético penetra en el material, existiendo regiones en forma de tubos que están en fase normal, rodeadas de torbellinos de corrientes superconductoras.
170. LOS TORBELLINOS pueden moverse transversalmente por la acción de campos magnéticos y de corrientes eléctricas.
171. Las tensiones locales, las fronteras de grano y otros defectos del cristal tienden a fijar los tubos de flujo y determinan los valores de LAS CORRIENTES Y CAMPOS CRÍTICOS, H_{c2} , para los cuales el material pasa al estado normal.
172. EL DIAMAGNETISMO ASOCIADO es intenso, fácilmente detectable con técnicas de medidas de susceptibilidad magnética alterna [véase la figura 8], permitiendo la determinación de temperaturas y corrientes críticas.

173. Con frecuencia ESTOS MATERIALES son cerámicos, formados por granos cristalinos en contacto (sinterizados);
174. A LOS EFECTOS ANTERIORES hay que añadir los que originan las uniones entre granos.
175. EN ESTE CASO, las corrientes eléctricas que PUEDEN SOPORTAR son menores, con lo que quedan limitadas sus posibles aplicaciones.

PÁRRAFO 38

176. La búsqueda de MATERIALES con temperatura crítica próxima a temperatura ambiente y que permitan producir hilos superconductores susceptibles de ser utilizados en aplicaciones industriales han conducido a nuevos materiales;
177. TAL es el caso de $\text{Bi}_2 \text{Sr}_2 \text{CaCu}_2 \text{O}_{8+\delta}$ [véase la figura 9].
178. ESTE MATERIAL tiene una temperatura crítica de 110 grados K, razonablemente alta;
179. SU INTERÉS proviene del éxito en la síntesis de una fibra mediante las técnicas empleadas para la fabricación de fibra óptica.
180. Se abre ASÍ un prometedor camino en la producción de materiales con textura favorable para el soporte de altas corrientes.

PÁRRAFO 39

181. En el marco de la teoría BCS (J. Baarden, L.N. Cooper y J.R Schrieffer) se sabe

que LA SUPERCONDUCTIVIDAD CONVENCIONAL resulta de la formación de pares de electrones (pares de Cooper) mediante el acoplamiento de los electrones con las vibraciones de la red.

182. DE ESTA FORMA las cargas pueden moverse en el material sin impedimento y, por ello, EL MATERIAL SUPERCONDUCTOR carece de resistencia eléctrica.
183. La mayor parte de la fenomenología de LOS NUEVOS SUPERCONDUCTORES conocida hasta la fecha puede explicarse con la teoría BCS.
184. Se han invocado algunos de LOS MECANISMOS FÍSICOS MENCIONADOS EN EL ARTÍCULO -acoplamiento Jahn-Teller, rotura de la degeneración espinorial de las bandas- para explicar la formación de pares de Cooper, pero hoy en día todavía se desconoce el mecanismo que actúa en este caso y qué relación existe con la estructura básica de las perovskitas.

PÁRRAFO 40

A modo de conclusión

185. Considerar EN PRIMER LUGAR, de forma simplificada, los efectos de las interacciones más intensas en materiales y, posteriormente, «afinar» el modelo atendiendo a las interacciones secundarias es un método científico común que permite abordar problemas muy complejos de áreas aparentemente dispares e inducir, a partir de UNA EXTENSA FENOMENOLOGÍA, LOS MECANISMOS que lo producen.
186. A lo largo de este artículo se ha ilustrado ESTE MÉTODO considerando que la contribución de los octaedros BX_6 a la energía de formación de los compuestos es dominante.

187. CON ESTA HIPÓTESIS, las vibraciones de los propios octaedros, la interacción con los momentos magnéticos, la acción de grupos moleculares con grados de libertad interna o la presencia de electrones de conducción contribuirán a la energía dando una pequeña perturbación.
188. LA PÉRDIDA DE SIMETRÍA Y EL CAMBIO DE PROPIEDADES son consecuencia de la minimización de la energía total del material.

ANEXO 9

PROPIEDADES DE LOS MICROAGREGADOS METÁLICOS

0. PEQUEÑOS AGREGADOS FORMADOS POR UNAS POCAS DECENAS O ESCASOS CIENTOS DE ÁTOMOS DE ELEMENTOS METÁLICOS presentan propiedades que difieren bastante del metal macroscópico.

PÁRRAFO 1

1. LAS MICROPARTÍCULAS METÁLICAS son agregados de unos pocos átomos que, debido a su pequeño tamaño, presentan PROPIEDADES DIFERENTES de las del correspondiente metal en el estado sólido usual.
2. Se LES llama también microagregados.
3. Mediante el estudio de LAS MICROPARTÍCULAS se sigue el crecimiento de la materia desde la fase gaseosa hasta la fase cristalina sólida.
4. ANTE ESE NUEVO FENÓMENO, los físicos se plantean cuestiones del siguiente tenor:
5. ¿CUÁNTOS ÁTOMOS deben contener LOS MICROAGREGADOS para que presenten conductividad metálica?
6. ¿Qué variaciones experimentan LA ESTRUCTURA ATÓMICA, EL PUNTO DE FUSIÓN Y OTRAS PROPIEDADES con el tamaño?.

PÁRRAFO 2

7. El intento de dar respuesta A ESAS PREGUNTAS FUNDAMENTALES ha impulsado el desarrollo de técnicas experimentales para la producción de MICROAGREGADOS.
8. Véase «Microagregados», por Michael A. Duncan y Dennis H. Rouvray, INVESTIGACION Y CIENCIA, febrero 1990].
9. POR OTRA PARTE, ESTOS OBJETOS, que pudieran parecer un tanto exóticos, revisten especial interés práctico en cuanto forman parte de aerosoles, coloides, catalizadores y otros.

PÁRRAFO 3

10. Desde el punto de vista experimental, para obtener resultados significativos, los tamaños de LOS MICROAGREGADOS deben ser suficientemente pequeños y hallarse bien definidos.
11. Dependiendo del tipo de experimento y las longitudes implicadas en el mismo, pueden requerirse TAMAÑOS DE SÓLO 1 NANÓMETRO (MILLONÉSIMA DE METRO);
12. POR LONGITUDES entendemos aquí, POR EJEMPLO, la longitud de onda de la radiación electromagnética que interacciona con el agregado, o bien la longitud de onda de los electrones de conducción, etcétera.

PÁRRAFO 4

13. El físico comienza SUS ENSAYOS con una suspensión coloidal.

14. Para preparar SUSPENSIONES COLOIDALES se parte de una disolución de iones metálicos (átomos dotados de carga por pérdida, o adición, de algún electrón externo), a la que se añade un agente reductor por ejemplo, hidrógeno atómico) cuya misión consiste en producir una disolución supersaturada de átomos metálicos en la que ocurre la condensación.
15. Escogiendo convenientemente LA CONCENTRACIÓN, TEMPERATURA Y AGENTE REDUCTOR, pueden obtenerse microagregados de dimensiones bien definidas e inferiores a los 10 nanómetros.
16. ESTE MÉTODO DE PREPARACIÓN ha permitido, POR EJEMPLO, estudiar las propiedades magnéticas de MICROAGREGADOS DE PLATINO DE DOS NANÓMETROS, O DE MICROAGREGADOS SUPERCONDUCTORES DE MERCURIO.

PÁRRAFO 5

17. UNA FORMA VERSÁTIL DE PREPARAR MUESTRAS DE MICROAGREGADOS es por condensación de un vapor metálico sobre un sustrato;
18. ÉSTE puede ser un óxido metálico, o bien un cristal de cloruro de sodio.
19. Escogiendo convenientemente EL RITMO DE EVAPORACIÓN, EL PLANO CRISTALINO DE LA SUPERFICIE DEL SUSTRATO DONDE EL VAPOR HA DE ADHERIRSE Y OTROS PARÁMETROS se consiguen láminas delgadas que contienen microagregados metálicos.
20. Una vez lograda ESA REUNIÓN DE ÁTOMOS, se procede a estabilizarla contra la reevaporación y la coalescencia, fenómeno éste por el que los microagregados crecen a expensas de los choques mutuos.

21. LA ESTABILIZACIÓN se alcanza manteniendo el sustrato a bajas temperaturas o recubriendo la película superficial con una capa de carbón.
22. Con tiempos de DEPOSICIÓN de unos 100 segundos en ultra alto vacío, los microagregados de oro formados en SISTRATOS DE CLORURO de sodio presentan tamaños de alrededor de 10 nanómetro.

PÁRRAFO 6

23. EL MÉTODO DE PRODUCIR MICROAGREGADOS POR EVAPORACIÓN DEL METAL en una atmósfera gaseosa data de los años treinta;
24. ENTONCES se obtuvieron ya MICROAGREGADOS DE ORO, PLATA Y OTROS METALES EN AIRE a una presión de 1 torr.
25. (ESTA UNIDAD DE PRESIÓN, que indica la que soportaría un milímetro de mercurio, equivale a 133, 322 newton por metro cuadrado.)
26. El aspecto brillante usual, metálico, se pierde EN ESTAS CONDICIONES;
27. los microagregados presentan, PUES, UN ASPECTO MUY OSCURO.
28. Débese ESE FENÓMENO a la absorción resonante de radiación en el rango visible del espectro, para el cual las longitudes de onda son mayores que los diámetros de LOS MICROAGREGADOS.
29. POR DICHA RAZÓN, las superficies cubiertas con ESTE TIPO DE MICROAGREGADOS pueden emplearse como absorbentes efectivos en las aplicaciones de conversión fototérmica de la energía solar; por ejemplo, en los paneles.

PÁRRAFO 7

30. Para comprender el procesos de la formación de MICROAGREGADOS en el gas, pensemos que los átomos que escapan de la fuente de evaporación pierden energía cinética a través de las colisiones que sufren con los átomos del gas ambiente.
31. En un vacío convencional de 10^{-5} , torr, LOS ÁTOMOS DEL VAPOR METÁLICO tendrían un recorrido libre medio tan grande, que podrían alcanzar un sustrato sitio a 10 centímetros de distancia sin apenas haber sufrido colisiones.
32. AHORA BIEN, A UNA PRESIÓN DEL GAS DE 1 TORR, EL RECORRIDO LIBRE MEDIO disminuye hasta 50.000 nanómetros.
33. Debido al buen contacto térmico ENTRE EL GAS AMBIENTE Y LAS PAREDES CIRCUNDANTES MÁS FRÍAS, se origina un gradiente térmico muy cerca de la fuente de evaporación.
34. Si ESTE GRADIENTE adquiere intensidad suficiente, se crea una región donde la densidad del vapor metálico es superior a la densidad de saturación y se produce allí la nucleación de microagregados.

PÁRRAFO 8

35. LA NUCLEACIÓN constituye la fase inicial del proceso de crecimiento, en la cual los microagregados crecen remontando una barrera energética hasta formar núcleos de un tamaño crítico, a partir del cual es fácil continuar creciendo.
36. ESTOS MICROAGREGADOS van creciendo posteriormente por adición de nuevos átomos del vapor y por colisiones entre ellos.

PÁRRAFO 9

37. La irradiación del fluoruro de litio con neutrones ocasiona defectos en LA RED CRISTALINA, amén de átomos de litio INTERSTICIALES, es decir, alojados en sitios distintos de los nudos de la red.
38. LOS ÁTOMOS DE LITIO tienden a coagularse cuando la dosis es superior a 3×10^{21} neutrones por metro cuadrado.

PÁRRAFO 10

39. Se han realizado MUCHOS EXPERIMENTOS en vidrios porosos que contienen metales en sus poros.
40. LOS VIDRIOS POROSOS suelen contener un 96 % del dióxido de silicio, un tres por ciento de trióxido de boro y pequeñas cantidades de óxido de sodio, trióxido de aluminio y otros óxidos.
41. EL DIÁMETRO DE LOS POROS se cifra en unos 30 nanómetros.
42. Cuando EL VIDRIO AGUJEREADO se sumerge en un baño de metal fundido a la presión de 7000 torr, el metal se ve forzado a penetrar en el interior de los poros.
43. Hay MUCHOS CRISTALES INORGÁNICOS QUE CONTIENEN CAVIDADES REGULARES, las cuales forman redes o canales paralelos.
44. LAS CAVIDADES DE LAS ZEOLITAS tienen tamaños entre 0,2 y 1,2 nanómetros, de manera que en alguna de ellas pueden acomodarse microagregados de sólo unos cuantos átomos.

45. ESTE TIPO DE MATERIALES se utiliza como catalizadores.
46. ASÍ, EL CATALIZADOR COMERCIAL DE FISCHER-TROPSCH está compuesto de microagregados de metales de transición (el hierro, por ejemplo), atrapados en los poros de minerales de sílice o zeolitas.
47. En la última década, debido a la crisis energética, ESTE CATALIZADOR ha despertado mucho interés por emplearse para la obtención de hidrocarburos a partir de monóxido de carbono e hidrógeno molecular.
48. Como es bien conocido, las superficies metálicas son químicamente muy reactivas y se han venido empleando como CATALIZADORES INDUSTRIALES.
49. Si EL METAL se pulveriza, se incrementa la superficie expuesta por unidad de masa de metal, esto es, aumenta su grado de dispersión, consiguiéndose de ese modo un mejor aprovechamiento de sus propiedades catalíticas.
50. Para tener UNA DISPERSIÓN SUPERIOR AL 50 POR CIENTO necesitamos dividir EL METAL hasta tamaños inferiores a los dos nanómetros.
51. CON ESTE DIÁMETRO, un microagregado de níquel contendría 400 átomos, 300 si se trata de paladio y 200 para el caso de platino.

PÁRRAFO 11

52. Se está ahora investigando la variación de la actividad y la selectividad catalíticas en función del tamaño de LOS MICROAGREGADOS METÁLICOS.
53. EN ESE DOMINIO importa conocer la estructura electrónica del MICROAGREGADO Y SU estructura geométrica, puesto que esta última determina la distribución

de átomos en su superficie, que son los que desempeñan el papel principal en el fenómeno de la catálisis.

54. Para descubrir LAS GEOMETRÍAS SUBYACENTES EN LOS MICROAGREGADOS se utiliza el microscopio electrónico, con el que se obtienen microfotografías de agregados de un solo nanómetro.
55. (El desarrollo del MICROSCOPIO DE EFECTO TÚNEL, dotado de UN MAYOR PODER DE RESOLUCIÓN, permitirá estudiar GEOMETRÍAS DE TAMAÑOS INFERIORES.
56. La primera aplicación de ESTA TÉCNICA al campo de los microagregados fue realizada en 1987 por Arturo Baró y sus colaboradores en la Universidad Autónoma de Madrid.)
57. EN MICROSCOPIA ELECTRÓNICA, LOS MICROAGREGADOS A INVESTIGAR se forman sobre delgadas películas de un material soporte, constituyendo una de las dificultades del análisis de la imagen el enmascaramiento debido a defectos en el soporte cristalino o a la naturaleza amorfa o policristalina del sustrato empleado.

PÁRRAFO 12

58. Algunas de las formas observadas en MICROGRAFÍAS son similares a las que adoptan los cristales macroscópicos ordinarios.
59. ELLO no es extraño, si pensamos que, en condiciones de equilibrio, la disposición de los átomos superficiales, causante de la forma externa, viene determinada por la condición de mínima energía superficial.

60. ASÍ, para la estructura cristalina cúbica centrada en las caras (ccc), común para muchos metales, ESTA CONDICIÓN favorece las formas externas octaédricas.
61. Si A UN OCTAEDRO le truncamos cuatro o seis de sus vértices, LO convertimos, respectivamente, en un dodecaedro o un cuboctaedro.
62. ESTAS FORMAS OCTAÉDRICAS se han observado en microagregados de platino con soportes de grafito, conjunto interesante como catalizador en la producción de gas metano que se realiza al calentar el sistema de 800°C en una atmósfera reductora, de hidrógeno molecular, siendo la fuente de carbono el propio sustrato de grafito.

PÁRRAFO 13

63. Por medio de la microscopía electrónica se puede obtener diagramas de difracción de LOS DISTINTOS MICROAGREGADOS;
64. se descubre a veces que METALES que cristalizan en cierto sistema geométrico, lo hacen en otro diferente cuando sus dimensiones son MICROSCÓPICAS.
65. ALGUNOS MICROAGREGADOS DE ORO, evaporados sobre un sustrato de cloruro de sodio, presentan también ESTRUCTURAS GEOMÉTRICAS diferentes de las de los cristales macroscópicos de oro metálico (ccc).
66. Se han observado, EN PARTICULAR, MORFOLOGÍAS ICOSAÉDRICAS que no pueden deducirse de ninguna estructura cristalina.
67. EN LAS ESTRUCTURAS CRISTALINAS, la periodicidad o simetría de traslación, implica que sólo son compatibles con ella ejes de simetría de órdenes 1,2, 3, 4 ó 6, mientras que EL ICOSAEDRO tiene ejes de simetría de orden 5.

68. (En cristalografía, UN EJE DE SIMETRÍA DE ORDEN N indica que una rotación de $2\pi/n$ radianes del cristal alrededor de un eje que pasa a través de un nudo de la red cristalina transforma ésta en sí misma.

PÁRRAFO 13

69. Desde un punto de vista teórico se han hecho muchos esfuerzos para predecir la estructura energéticamente más favorable de MICROAGREGADOS PEQUEÑOS.
70. La estabilidad de LOS MICROAGREGADOS ICOSAÉDRICOS por debajo del rango de los 100 o 200 átomos puede interpretarse como debida a un efecto de enlace entre los vecinos más inmediatos de un átomo.

PÁRRAFO 14

71. Consideraciones geométricas simples muestran, POR EJEMPLO, que, PARA 13 ÁTOMOS, EL POLIEDRO con mayor coordinación (mayor número de vecinos) correspondiente a la red cúbica centrada en las caras consiste en 12 átomos superficiales más un átomo central.
72. Una pequeña distorsión de ESTE POLIEDRO lo transforma en un icosaedro, aumentando el número de coordinación de los átomos superficiales de 5 a 6.
73. POR TANTO, en un modelo simple con fuerzas atractivas entre primeros vecinos, EL ICOSAEDRO, con sus ejes de simetría de orden 5, puede hacer de núcleo para microagregados mayores de simetría similar.

74. DE HECHO hay una secuencia de MICROAGREGADOS DE FORMAS ICOSAÉDRICAS PERFECTAS QUE CONTIENEN 13, 55, 147 Y MÁS ÁTOMOS, y que se observan sin dificultad en el caso de gases nobles (argón, kriptón, etcétera).

PÁRRAFO 15

75. En general, las teorías vigentes sitúan en el nanómetro el tamaño aproximado por debajo del cual LAS ORDENACIONES ATÓMICAS difieren de las de fase sólida.
76. Hoy se recurre a una técnica de absorción de rayos X que emplea radiación de sincrotrón, especialmente eficaz para estudiar LAS ESTRUCTURAS QUE FORMAN LOS MICROAGREGADOS:
77. SE DENOMINA EXAFS (siglas de «Extended X-Ray Absorption Fine Structure»).
78. CON ELLA se obtiene el espectro que resulta de las oscilaciones en la sección eficaz del fotoelectrón debido a los procesos de dispersión que éste (arrancado del átomo por los rayos X) sufre por los átomos que rodean al átomo emisor.
79. ESTA TÉCNICA no requiere que el orden atómico sea de largo alcance, como ocurre en las técnicas de difracción, y da información sobre pequeñísimas regiones alrededor de cada átomo.
80. MEDIANTE EL MÉTODO DE EXAFS han podido observarse contracciones del 2,5 por ciento, en el parámetro de la red de microagregados de oro con un nanómetro de diámetro, respecto de la fase sólida.
81. Según las leyes termodinámicas, cabe esperar ESTA CONTRACCIÓN EN MICROAGREGADOS debido a la tensión superficial, aunque podríamos preguntarnos si también LOS MICROAGREGADOS siguen las leyes de la termodinámica macroscópica.

PÁRRAFO 16

82. Consideremos ahora la estructura electrónica de LOS MICROAGREGADOS.
83. Del familiar modelo de ELECTRONES LIBRES resulta que, en un metal, a tenor de las reglas de la mecánica cuántica, los niveles de energía de los electrones están tan juntos que se puede hablar de una función continua que representa la distribución de los electrones en sus diferentes estados de energía, prácticamente insensible a la presencia de la superficie del metal.

PÁRRAFO 17

84. Cuando tratamos con microagregados, hemos de modificar drásticamente ESTA IMAGEN SIMPLE DE LOS ELECTRONES METÁLICOS.
85. La extensión finita va a provocar una discretización de LOS NIVELES DE ENERGÍA, que sentirán el efecto de la superficie a través de las condiciones de contorno que ha de satisfacer la función de onda del electrón.
86. A la temperatura del cero absoluto, LOS NIVELES ELECTRÓNICOS están llenos hasta el denominado nivel de energía de Fermi;
87. LOS SUPERIORES se encuentran desocupados.
88. Si N es el número de electrones libres del microagregado, el intervalo δ entre SUS NIVELES DE ENERGÍA será del orden dado por la razón de energía de Fermi.
89. Y si consideramos que LA ENERGÍA DE FERMI se cifra en varios electron-volt para los metales, tendremos que, para partículas de un diámetro de 5 nanómetros, el valor del intervalo será de unos 10^{-4} electronvolt.

PÁRRAFO 17

90. Respecto a las propiedades de METALES MICROSCÓPICOS, δ es menor que cualquier cantidad de energía significativa, pues ese intervalo disminuye con N.
91. No OTRA COSA quiere indicar que LOS NIVELES forman un espectro casi continuo.
92. AHORA BIEN, a bajas temperaturas, T, tales que δ sea comparable con LA ENERGÍA DE AGITACIÓN TÉRMICA a la temperatura T, o con débiles campos magnéticos H, tales que δ sea comparable con la magnitud del desdoblamiento de LOS NIVELES ELECTRÓNICOS inducido por H, tendremos que la capacidad calorífica o la susceptibilidad magnética del agregado difieren bastante de las del metal.
93. (LA ENERGÍA DE AGITACIÓN TÉRMICA A LA TEMPERATURA T es del orden de $0,86 \times 10^{-4}$ electronvolt.)

PÁRRAFO 18

94. Las mediciones por resonancia magnética nuclear (RMN) han aportado pruebas de la existencia de ESTOS EFECTOS DE CUANTIFICACIÓN.
95. Durante más de veinte años se ha intentado demostrar experimentalmente LA CUANTIZACIÓN DE LOS NIVELES con métodos ópticos usando las frecuencias del infrarrojo lejano, que son comparables con los intervalos entre los niveles electrónicos adyacentes.
96. SIN EMBARGO, debido a que los microagregados de las muestras no alcanzan EL MISMO TAMAÑO, en vez de ofrecer UNAS SEPARACIONES ENTRE

NIVELES BIEN DEFINIDAS, se tiene una distribución estadística de ellas que puede llegar enmascarar los resultados esperados.

97. EL PROPIO SOPORTE DE LOS MICROAGREGADOS altera TAMBIÉN sus propiedades ópticas.

98. ELLO explica que no se haya conseguido todavía demostrar, con ESTOS MÉTODOS, la estructura de niveles.

PÁRRAFO 19

99. Una nueva manera de producir MICROAGREGADOS LIBRES, SIN SOPORTE DE NINGÚN MATERIAL, abre interesantísimas vías a la exploración de sus propiedades fundamentales.

100. Nos estamos refiriendo a MICROAGREGADOS PRODUCIDOS EN CHORROS SUPERSÓNICOS.

101. Desde hace tiempo se sabe que LA EXPANSIÓN ADIABÁTICA DE UN GAS O VAPOR EN VACÍO enfría rápidamente el gas y puede resultar en un vapor sobresaturado.

102. Si EL GAS contiene átomos extraños, no tardará en desarrollarse la condensación en tales núcleos y en formarse una dispersión de pequeñas gotas o microcristales del gas en expansión.

103. AHORA BIEN, en el proceso de nucleación homogénea, que es el que importa AQUÍ, LOS NÚCLEOS que se originan son microagregados de los mismos constituyentes del gas, y así se produce la condensación en gases puros que se encuentran suficientemente sobresaturados.

PÁRRAFO 20

104. LOS FENÓMENOS DE NUCLEACIÓN-CONDENSACIÓN han constituido permanente contratiempo para los ingenieros y operadores de turbinas de vapor, y una bendición para fabricantes de materiales finamente dispersados.
105. En la escala de la atmósfera terrestre DAN CUENTA de la lluvia, nieve, granizo y niebla.
106. En el marco del universo, LA NUCLEACIÓN-CONDENSACIÓN fue responsable de la formación de la materia condensada en sus diferentes configuraciones y tamaños.
107. Hasta hace unos treinta años, la escala temporal de la mayoría de las expansiones gaseosas adiabáticas era muy grande en comparación con la escala temporal de la cinética molecular del PROCESO DE NUCLEACIÓN-CONDENSACIÓN.
108. Y, ASÍ, las etapas más tempranas observables del PROCESO eran ya tardías, pues la nueva fase había crecido hasta tamaños macroscópicos.

PÁRRAFO 21

109. En 1956, Erwin Becker y Wolfgang Henkes, de la Universidad de Marburg, se dieron cuenta de que LA CONDENSACIÓN era un fenómeno con el que había que contar en haces supersónicos que se expandieran al vacío a través de pequeñísimos orificios.
110. Se puede decir que ESTOS INVESTIGADORES realizaron el primer experimento sobre formación de microagregados.

111. En 1961 se inició una nueva era en LA INVESTIGACIÓN DE MICROAGREGADOS cuando EL MISMO HENKES daba a conocer la detección, por medio de espectrometría de masas, de dímeros moleculares en haces libres de dióxido de carbono.
112. Todavía en 1977, ALGUNOS CIENTÍFICOS mantenían que LOS MICROAGREGADOS AISLADOS EN VACÍO eran un delirio teórico.
113. PERO en los últimos años MUCHOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN han trabajado activamente y hoy pueden producirse, y analizarse, MICROAGREGADOS CUYOS TAMAÑOS VAN DESDE EL DÍMERO HASTA MILES DE MOLÉCULAS.

PÁRRAFO 22

114. Para producir CHORROS SUPERSÓNICOS METÁLICOS, se comienza por vaporizar el metal en un horno a alta temperatura mediante láseres pulsantes de alta potencia.
115. EN ESTE ÚLTIMO CASO se obtiene, en vez de UN CHORRO CONTINUO, un chorro pulsante.
116. A LOS VAPORES METÁLICOS se les obliga a pasar por un pequeño orificio, de unos 50.000 nanómetros, en el que por choque se producen los microagregados.
117. A LA SALIDA SE EXPANDEN en alto vacío para formar el chorro supersónico.
118. Habida cuenta de la parvedad de las dimensiones de TALES CHORROS, la escala temporal de la expansión es del mismo orden que la escala temporal del proceso de nucleación-condensación.

119. EL RESULTADO NETO es que las primeras etapas de ESOS PROCESOS pueden resolverse y analizarse.

PÁRRAFO 23

120. Si EL VAPOR METÁLICO se expande conjuntamente con un gas noble, los microagregados crecen con mayor facilidad, obteniéndose tamaños superiores.
121. Para identificar LOS MICROAGREGADOS se recurre al espectrómetro de masas;
122. a la detección en EL ESPECTRÓMETRO precede la ionización de LOS MICROAGREGADOS del haz mediante bombardeo con electrones de determinada energía o por absorción de radiación electromagnética.

PÁRRAFO 24

123. EN EL ESPECTRÓMETRO DE TIEMPO DE VUELO, EL HAZ DE MICROAGREGADOS IONIZADOS curva su trayectoria al paso entre dos placas metálicas, entre las que se aplican pulsos de voltaje, de una millonésima de segundo de duración a intervalos de milisegundos.
124. EL HAZ avanza entre uno y dos metros hasta llegar al detector, que traduce el impacto de cada microagregado ionizado en un pulso eléctrico que debe amplificarse.
125. El intervalo temporal que media entre EL PULSO DE VOLTAJE EN LAS PLACAS Y EL PULSO ENTREGADO POR EL DETECTOR mide el tiempo de vuelo de cada ion, tiempo que guarda relación con su masa, con la longitud recorrida, con el potencial de aceleración y con la carga del ion considerado.

126. Un analizador multicanal registra en su memoria EL NÚMERO DE PULSOS REGISTRADOS DURANTE DETERMINADO INTERVALO para valores diferentes de tiempo de vuelo, o, lo que es equivalente, de la masa de los microagregados.

PÁRRAFO 25

127. ASÍ se obtiene el espectro de masas de LOS MICROAGREGADOS IONIZADOS.
128. EL ESPECTRO está formado por picos cuya altura es proporcional al número de microagregados de masa m detectados durante cierto intervalo temporal.
129. Hay MICROAGREGADOS de determinados tamaños que se destacan por su particular abundancia, o, dicho de una manera más precisa, la tasa de conteo muestra un bajón brusco después de esos tamaños, lo cual significa que, para cierto número de átomos, los microagregados son más estables que para otros.
130. ESOS MICROAGREGADOS DE ESTABILIDAD PRIVILEGIADA poseen «números mágicos» de átomos, así llamados por su analogía con los números mágicos «de los núcleos atómicos».
131. EN MICROAGREGADOS DE SODIO, así como de otros elementos alcalinos, ESTOS NÚMEROS MÁGICOS son 2, 8, 20, 40 58 y 92, y pueden ser interpretados mediante una sencilla teoría electrónica.
132. Pensemos, POR EJEMPLO, que CADA ÁTOMO DE SODIO posee un electrón de valencia, es decir, un electrón que va a participar en el enlace metálico.
133. EN CONSECUENCIA, los microagregados con número mágico de átomos poseerán 2,8, 20, 40 y 92 ELECTRONES.

PÁRRAFO 26

134. **¿Dónde TIENEN SU origen?**

135. Con cierta ingenuidad podemos imaginar que EL MICROAGREGADO es esférico, con sus electrones de valencia atrapados en un pozo de potencial dotado de simetría esférica.

136. ENTONCES, los niveles de energía de LOS ELECTRONES vienen caracterizados por el número cuántico/asociado al momento angular orbital.

137. Para cada valor de l , EL MOMENTO ANGULAR puede tener $2l + 1$ orientaciones diferentes, siendo la energía del electrón igual para todas ellas, debido a la simetría esférica del pozo.

138. POR OTRA PARTE, EL ESPÍN DEL ELECTRÓN puede tener DOS ORIENTACIONES DISTINTAS (arriba y abajo).

139. EN CONSECUENCIA, resultan $2(2l+1)$ ESTADOS CUÁNTICOS con idéntica energía para cada valor de l .

PÁRRAFO 27

140. Para que LA ENERGÍA DEL ESTADO quede completamente caracterizada, tenemos que conocer, APARTE DEL VALOR DE l , otro número cuántico, n , que se denomina número cuántico principal y tal que $n-1$ sea el número de nodos de la función de onda del electrón.

141. (LOS NODOS son los valores de la distancia al centro del pozo en los que la función de onda cambia de positiva a negativa o viceversa.)

142. Ordenando LOS NIVELES CUÁNTICOS según sus energías, esto es, de electrones más ligados a electrones menos ligados, puede verse que, en el nivel más bajo ($n=1, l=0$), caben dos electrones, seis en el siguiente ($n=1, l=1$), diez en el siguiente ($n=2, l=0$) y así sucesivamente.
143. LA CONSIGUIENTE OCUPACIÓN DE CAPAS ELECTRÓNICAS se ajusta a los números mágicos observados en microagregados de sodio y de otros elementos alcalinos por Walter Knight y colaboradores, de la Universidad de California en Berkeley.
144. La pérdida de estabilidad que se observa, EN EL EJEMPLO DEL SODIO, inmediatamente después de cada NÚMERO MÁGICO se debe al salto en la energía para empezar a ocupar LA CAPA ELECTRÓNICA INMEDIATA SUPERIOR.

PÁRRAFO 28

145. LOS ELEMENTOS ALCALINOS COMO SODIO O POTASIO tienen UNA ESTRUCTURA ELECTRÓNICA MUY SENCILLA y en el estado metálico se adaptan perfectamente al modelo de electrones libres.
146. MÁS CURIOSO resulta el que científicos de la Universidad de Osaka hayan observado LOS MISMOS NÚMEROS MÁGICOS en microagregados de los metales nobles cobre, plata y oro.
147. ESTOS tienen también un electrón externo que participa en el enlace, pero el corazón iónico no es tan inerte como en los elementos alcalinos;
148. DE HECHO, los electrones de tipo d DEL CORAZÓN IÓNICO contribuyen al enlace en los metales nobles.

149. Es, POR TANTO, notable que pequeños agregados de COBRE, PLATA Y ORO se comporten como alcalinos y que LOS ELECTRONES D DEL CORAZÓN IÓNICO no ejerzan ninguna influencia en las variaciones de la población de agregados.

PÁRRAFO 29

150. IDEAS SIMILARES, basadas en un modelo de capas, se han usado para explicar los números mágicos observados en aluminio y cinc y cadmio.
151. Evidentemente, EN ESTOS CASOS el número de electrones de valencia con que cada átomo contribuye es más de uno;
152. CON ELLO, para obtener LOS NÚMERO MÁGICOS DE ELECTRONES 8, 20, 34, 40, 58 Y 92 CITADOS ANTERIORMENTE, basta, en el caso de átomos divalentes, con la mitad de átomos: 4, 10, 17, 20, 29 y 46.
153. La naturaleza electrónica de ESTOS NÚMEROS MÁGICOS es algo sorprendente.
154. ¿Es que no SE MANIFIESTA la estructura geométrica del microagregado?
155. En nuestro grupo se ha trabajado bastante para aclarar ESTA CUESTIÓN.
156. COMO POSIBLE EXPLICACIÓN hemos sugerido que la temperatura de los microagregados formados en expansiones supersónicas es alta y sus átomos se hallan en movimiento, no disponiéndose en estructuras geométricas bien definidas.

157. La difícil determinación de la temperatura interna del agregado impide ofrecer todavía una respuesta concluyente A ESTAS PREGUNTAS, aunque experimentos realizados por Ernest Schumacher en la Universidad de Berna apoyan nuestra interpretación.
158. Para ser MÁS CLAROS los números mágicos de MICROAGREGADOS «FRÍOS» no coinciden del todo con los microagregados «calientes».
159. En cualquier caso, sí que SE PUEDE DECIR QUE los espectros de masas de PARTÍCULAS «CALIENTES» de metales sencillos reflejan la naturaleza discreta de los niveles electrónicos, tan buscada años atrás.

PÁRRAFO 30

160. Para OTROS METALES, como el bario, se encuentran números mágicos sin nada que ver con el número de electrones;
161. OBEDECEN, POR CONTRA, a motivos geométricos.
162. EN SU ESPECTRO DE MASAS hay picos intensos correspondientes a la secuencia de números mágicos 13, 19, 23, 26, 29 y 32.
163. ESTOS NÚMEROS se explican del siguiente modo.
164. El microagregado de 13 ÁTOMOS es un icosaedro con un átomo en el centro.
165. Hagamos ahora crecer EL MICROAGREGADO añadiendo UN ÁTOMO encima de cada una de las cinco caras que rodean a uno de los vértices del ICOSAE-DRO y, por último, otro átomo encima del propio vértice.

- 166. EL ICOSAEDRO CON ESTA CAPUCHA tiene 19 átomos;
- 167. la formación de LA CAPUCHA maximiza el número de enlaces.
- 168. LA FORMACIÓN POSTERIOR DE CAPUCHAS ADYACENTES A LA PRIMERA da lugar a la secuencia de números mágicos escrita arriba.

PÁRRAFO 31

- 169. El interés de ESTOS RESULTADOS yace en que dan información sobre el tipo de enlace químico entre los átomos del microagregado.
- 170. EL ÁTOMO DE BARIO presenta una estructura electrónica de capas completas.
- 171. POR OTRO LADO, la secuencia de números mágicos del BARIO coincide con la observada en los mejores aislantes, que son los gases nobles: argón, kriptón, etcétera.
- 172. PEQUEÑOS AGREGADOS DE BARIO parecen ser, POR TANTO, AISLANTES, aunque a medida que el tamaño del microagregado aumenta, en algún momento se producirá la transición al estado metálico.
- 173. Los números mágicos de PARTÍCULAS DE ANTIMONIO son múltiplos de cuatro y se explican mediante estructuras formadas por tetraedros.
- 174. Las estabilidades de PARTÍCULAS DE SILICIO Y GERMANIO también se relacionan con ESTRUCTURAS GEOMÉTRICAS.

PÁRRAFO 32

175. Hemos visto que en los espectros de masas se detectan MICROAGREGADOS ionizados.
176. Cabe preguntarse, PUES, si EL PROCESO DE IONIZACIÓN alterará la distribución de tamaños de LOS MICROAGREGADOS NEUTROS.
177. ESTE es un campo de activa investigación.
178. POR UNA PARTE, EL PROPIO PROCESO DE IONIZACIÓN puede fragmentar EL MICROAGREGADO en dos más pequeños.
179. POR OTRA, cuando UN MICROAGREGADO SE IONIZA, queda en él un exceso de energía electrostática, cuya cuantía depende, directamente, del número de electrones arrancados en el proceso de ionización e, inversamente, del tamaño del microagregado.

PÁRRAFO 33

180. El fenómeno de la explosión coulombiana consiste EN LA RUPTURA DEL MICROAGREGADO EN FRAGMENTOS debido a que la repulsión electrostática entre los defectos de carga (o cargas positivas efectivas) creados por LA IONIZACIÓN es tal que no puede contrarrestarse por las fuerzas de enlace entre los átomos del microagregado.
181. Cuanto mayor es la energía del ELECTRÓN IONIZANTE, mayor es EL GRADO DE IONIZACIÓN DE LOS MICROAGREGADOS.

PÁRRAFO 34

182. En algunos casos EL GRADO DE IONIZACIÓN no parece interferir con los números mágicos de abundancia.
183. POR EJEMPLO, se ha observado EN MICROAGREGADOS DE BARIO DOBLE Y TRIPLEMENTE IONIZADOS LA MISMA SECUENCIA DE NÚMEROS MÁGICOS COMENTADA ANTES para microagregados de bario neutros.
184. Eso sí, no SE HAN OBSERVADO MICROAGREGADOS DOBLEMENTE CARGADOS (B_{aN}^{++}) menos de 22 átomos, hecho que se debe, evidentemente, al fenómeno de la explosión coulombiana.
185. EN OTROS CASOS, MÁS COMPLICADOS DE EXPLICAR, los números mágicos de microagregados neutros y cargados difieren a veces en algunos detalles.
186. ESTO ocurre, POR EJEMPLO, con el plomo.

PÁRRAFO 35

187. EL PROCESO DE LA EXPLOSIÓN COULOMBIANA también se está empezando a usar para investigar la geometría de microagregados muy pequeños.
188. EL FUNDAMENTO FÍSICO es el siguiente:
189. si conseguimos «desnudar» a los átomos de UN PEQUEÑO AGREGADO de sus electrones externos, el esqueleto iónico resultante explotará en virtud de LA REPULSIÓN COULOMBIANA entre los iones.

190. Como LAS FUERZAS COULOMBIANAS dependen sólo de distancias entre las cargas que se repelen y de la magnitud de éstas, los fragmentos que se detectan dibujarán una imagen tridimensional ampliada de la geometría original del microagregado.

PÁRRAFO 36

191. En chorros supersónicos se pueden medir potenciales de ionización de LOS MICROAGREGADOS, es decir, la mínima energía necesaria para arrancarles un electrón.
192. Se emplean haces de fotones de energía variable para IONIZARLOS y establecer la mínima energía del fotón por la cual comienzan a registrarse impulsos en el canal del conjunto detector-analizador correspondiente a cada tamaño.
193. EL POTENCIAL DE IONIZACIÓN DE MICROAGREGADOS DE SODIO entre 1 y 65 átomos disminuye al aumentar el tamaño, en forma similar al trabajo necesario para arrancar un electrón de una esfera conductora.
194. Superpuesto a ESTE COMPORTAMIENTO hay, NO OBSTANTE, oscilaciones y saltos bruscos que reflejan la estructura de capas que adoptan los electrones en ESTOS MICROAGREGADOS.
195. EN MICROAGREGADOS DE HIERRO DE 1 A 25 ÁTOMOS, el potencial de ionización disminuye bruscamente con el tamaño, disminución que se acompaña de oscilaciones mucho más fuertes que en el sodio.
196. Las propiedades catalíticas de LOS MICROAGREGADOS dependen del POTENCIAL DE IONIZACIÓN, que es una medida de su reactividad.

PÁRRAFO 37

197. OTRA CONSECUENCIA DE LA NATURALEZA DISCRETA DE LOS NIVELES ELECTRÓNICOS EN LOS MICROAGREGADOS es el efecto impar, según el cual los microagregados con un número par de electrones se muestran más estables que los dotados de un número impar y suelen tener un potencial de ionización algo mayor.
198. ELLO se debe a que EL ESPÍN DEL ELECTRÓN puede presentar dos orientaciones diferentes, de manera que, si el número de electrones es par, existe el mismo número de electrones con cada orientación de espín.
199. PERO queda mucho camino por andar si se compara con los dos límites entre los que se sitúan LOS MICROAGREGADOS: los átomos por un lado y la materia condensada por otro.

ANEXO 10

SINGULARIDADES EN RELATIVIDAD GENERAL

- 0.1. Existe la creencia generalizada de que LAS SINGULARIDADES espacio-temporales -tales como la gran explosión inicial- son consustanciales con la teoría de la relatividad general.
- 0.2. PERO no hay razones para sostener DICHA AFIRMACIÓN.

PÁRRAFO 1

1. Entre las muchas y diversas contribuciones revolucionarias y geniales de Albert Einstein (1879-1955) a la física se encuentra LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD GENERAL.
2. No se debe confundir a ÉSTA con la relatividad especial.
3. LA SEGUNDA no es más que una teoría en la que se relacionan diferentes observadores inerciales, mientras que LA PRIMERA es una teoría de la gravitación, o más precisamente de la interacción gravitatoria.
4. Conocemos CUATRO INTERACCIONES fundamentales, a saber, las nucleares débil y fuerte, la electromagnética y la gravitatoria.
5. Entre TODAS ELLAS, y con mucho, la gravitatoria es la más débil.
6. SIN EMBARGO, ESTO no LE otorga una categoría inferior todo lo contrario:

7. se trata de LA ÚNICA RELEVANTE para el estudio de fenómenos a gran escala, para fijar ideas a escalas planetarias o mayores.
8. La causa de LA PREVALENCIA DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD es que, POR UNA PARTE, las interacciones nucleares son de corto alcance -para tamaños del orden del núcleo atómico- y no revisten interés para fenómenos planetarios estelares o cosmológicos.
9. POR OTRA PARTE, aunque LA INTERACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA es de alcance ilimitado, LAS PARTÍCULAS QUE CREAN EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO pueden tener carga positiva o negativa;
10. El efecto que producen LAS UNAS es contrarrestado por el causado POR LAS OTRAS, al menos a gran escala, donde habrá más o menos, el mismo número de cargas positivas y negativas.
11. Queda, POR TANTO, la interacción gravitatoria:
12. además de ser de alcance ilimitado, se halla ÉSTA generada por las masas (en rigor, por la energía);
13. dado que sólo se conocen MASAS Y ENERGÍAS positivas, la gravedad es siempre atractiva, y en las ocasiones en las que existe una gran concentración de materia se convierte en la interacción cuyos efectos son dominantes.

PÁRRAFO 2

14. Como corolario evidente de LO ANTERIOR, podemos afirmar que la relatividad general (RG) es la teoría apropiada para el estudio de los fenómenos cosmológicos -evolución del universo-, astrofísico -estudio de galaxias, estrellas, etc. y planetarios -órbitas de los planetas en el sistema solar-.

15. Aunque la cosmología y la astrofísica usan TAMBIÉN OTRAS RAMAS DE LA FÍSICA, inevitablemente han de tomar como base la RG.
16. Las predicciones de LA RG EN TODOS ESTOS CAMPOS han sido útiles y, en ocasiones, han recibido una espectacular confirmación;
17. PERO lo que ni los más optimistas podían imaginarse era que SE PUDIERAN FORMULAR Y DEMOSTRAR los denominados teoremas de singularidades.
18. ESTOS TEOREMAS, desarrollados principalmente por Stephen W. Hawking, de la Universidad de Cambridge, Roger Penrose, de la Universidad de Oxford, predicen, bajo condiciones determinadas, la existencia de singularidades del espacio-tiempo, o sea, de la base de nuestro mundo clásico.

PÁRRAFO 3

19. DOS TIPOS DE SINGULARIDADES son muy famosos: la gran explosión o «big bang», en la cual se supone que se originó nuestro universo, y la que se produce en el interior de un agujero negro como resultado del colapso gravitatorio de estrellas de gran masa.
20. Hay UN TERCER TIPO DE SINGULARIDAD, menos conocido, de enorme interés: la que se produce cuando chocan dos ondas de gravedad y se destruyen mutuamente de forma catastrófica.
21. Más adelante hablaremos de TODAS ELLAS con cierto detalle.
22. PERO. ¿qué es UNA SINGULARIDAD?.
23. ESTA es una pregunta singularmente difícil de responder.

24. Aun cuando NUESTRA NOCIÓN INTUITIVA es muy clara, plasmar dicha noción en un enunciado riguroso en RG no resulta fácil.
25. Baste por el momento CON TALES APROXIMACIONES INTUITIVAS. PARA ELLO, nada mejor que recordar que el campo eléctrico creado por una carga aislada es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la carga.
26. En su expresión matemática, ESE CAMPO equivale a uno partido por r al cuadrado ($1/r^2$), donde r es la distancia.
27. A medida que disminuye LA DISTANCIA, aumenta el valor del campo y, en el límite, cuando la distancia se anula ($r=0$) el campo se hace inconmensurablemente grande, o sea, infinito.
28. ESTA es una singularidad típica, y se pueden encontrar ejemplos similares en todos los campos de la física.
29. En cualquier caso, ESTA SINGULARIDAD podría calificarse de benigna, por las siguientes dos razones:
30. PRIMERO, es evidente que LA SINGULARIDAD indica la existencia de una fuente del campo -la carga que crea el campo-;
31. SEGUNDO, aunque EL CAMPO ELÉCTRICO se hace infinito, el resto de las magnitudes físicas no se ven afectadas por ello y, aún más importante, las bases fundamentales de toda la física, el espacio y el tiempo permanecen inalteradas.

PÁRRAFO 4

32. La situación en RG es radicalmente DIFERENTE, EN PARTICULAR EN LO CONCERNIENTE A LA SEGUNDA RAZÓN CITADA.

33. ELLO se debe a que, EN ESTA TEORÍA, el propio espacio-tiempo guarda íntima relación con el campo gravitatorio.
34. ASÍ cuando ESTE ÚLTIMO se hace infinito el propio espacio-tiempo deviene singular.
35. Hablando llanamente EL ESPACIO-TIEMPO queda destruido y, por consiguiente, todas las leyes de la física pierden su validez.
36. TAMAÑA CATÁSTROFE es, como se comprenderá, inaudita:
37. la propia física predice, a través de la RG, SU AUTODESTRUCCIÓN.
38. Para darnos buena cuenta de ELLO, nada mejor que un somero repaso de las nociones fundamentales de la RG.

Geometría y causalidad.

PÁRRAFO 5

39. CUALQUIER TEORÍA DE LA GRAVITACIÓN ha de incorporar, entre sus principios esenciales, la propiedad experimental de que todos los cuerpos caen con la misma aceleración en un campo gravitatorio dado.
40. Se atribuye a Galileo el acierto de haber reconocido ESTE IMPORTANTÍSIMO RESULTADO, según el cual la aceleración que alcanza un objeto grande y pesado digamos una persona- cuando es arrojado desde cierta altura es la misma que la que alcanza cualquier otro objeto -digamos una pluma de ave-, con independencia de su masa y de sus propiedades internas.

- 41. (SE HAN DESPRECIADO los efectos de resistencia y rozamiento del aire;
- 42. EL RESULTADO es riguroso en el vacío.)
- 43. La profunda comprensión de ESTE HECHO condujo a Einstein a enunciar el principio de equivalencia, soporte de su teoría de la RG y que establece la equivalencia local de un campo de gravedad con un sistema de referencia acelerado, no inercial.
- 44. UN SISTEMA DE REFERENCIA se describe mediante cantidades geométricas;
- 45. POR TANTO, a través de la equivalencia, un campo gravitatorio define LA GEOMETRÍA del espacio-tiempo.

PÁRRAFO 6

- 46. Es intuitivamente claro que LA EXPLICACIÓN GEOMÉTRICA DEL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS satisface la propiedad hallada por Galileo, pues éstos describen trayectorias siguiendo los caminos geométricos más favorables independientemente de su masa.
- 47. Imaginemos, POR EJEMPLO, que EL ESPACIO es una sábana que tenemos extendida y estirada en el aire.
- 48. Si lanzamos una canica, ésta se moverá POR LA SÁBANA según una línea recta.
- 49. Pongamos ahora un cuerpo pesado en el centro de LA SÁBANA.
- 50. ESTA se curva -¡su geometría cambia! y la canica describirá ahora trayectorias curvas.

51. Podemos incluso imaginar UN CUERPO TAN PESADO que rompe LA SÁBANA, un hecho ciertamente singular.
52. DE LA MISMA MANERA, la presencia de energía produce curvatura en el espacio-tiempo, y, por consiguiente, define la estructura geométrica de éste.
53. Una consecuencia directa de TODO LO DICHO es que la luz también es atraída por la gravedad, y los rayos luminosos siguen trayectorias curvas en un campo gravitatorio.
54. A LA LUZ le gusta ir por los caminos más descansados, y éstos son, por supuesto, los geodésicos definidos por la geometría espacio-temporal.
55. Históricamente, la comprobación experimental de la desviación de LOS RAYOS LUMINOSOS que pasan cerca del Sol, realizada por Arthur Stanley Eddington y colaboradores en 1919, dio el espaldarazo decisivo para la definitiva aceptación de la RG.
56. Como se sabe, la velocidad de LA LUZ en el vacío -aproximadamente 300.000 kilómetros por segundo - es la máxima velocidad de propagación de energía.
57. EN ESTE SENTIDO, LA LUZ nos proporciona la estructura causal de nuestro mundo.
58. La velocidad de LA LUZ nos ofrece información sobre qué sucesos guardan MUTUA RELACIÓN CAUSAL.
59. (Se dice que DOS SUCESOS GUARDAN RELACIÓN CAUSAL si uno de ellos es capaz de influir en el otro.)

60. El espacio tiempo plano de Minkowski - base de la relatividad especial - posee LA ESTRUCTURA CAUSAL MÁS SIMPLE y la considerada, en general, como natural.
61. Hemos visto antes que la presencia de un campo gravitatorio DESVIABA los rayos de luz;
62. EN VIRTUD DE ELLO, CONFIGURA una estructura causal diferente de la geometría plana.
63. EN PARTICULAR, los conos de luz se inclinan y el futuro de cualquier suceso queda modificado.
64. Una representación de ESTOS FENÓMENOS se da en la figura 3, donde se ha exagerado un poco el campo gravitatorio de la Tierra.
65. ESTOS CAMBIOS DE LA ESTRUCTURA CAUSAL son decisivos para el desarrollo de las singularidades, como veremos en seguida.

PÁRRAFO 7

66. **¿Hasta dónde puede cambiar un campo gravitatorio intenso LA ESTRUCTURA CAUSAL?**
67. Hay múltiples respuestas A ESTA CUESTIÓN.
68. PERO quizá lo más llamativo sea que LA RESPUESTA MÁS RADICAL fue ya dada por Pierre Simon Laplace nada más y nada menos que ¡en 1798!

69. LAPLACE, mucho antes del advenimiento de la RG, demostró que la fuerza atractiva [gravitatoria] de un cuerpo pesado podría ser tan grande que la luz no sería capaz de fluir fuera de él.
70. SU RAZONAMIENTO es simple y claro.
71. DE ÉL se deduce que un cuerpo esférico concentrado en un radio menor que su radio de Schwarzschild, r_s , impedirá que las cosas -luz incluida- escapen fuera de tal radio.
72. Para hacernos una idea del orden de magnitud de R_s , señalemos que tiene un valor de 1 centímetro para la Tierra y de 3 kilómetros para el Sol.
73. EN OTRAS PALABRAS, si toda LA TIERRA estuviera concentrada en una esfera de menos de un centímetro de radio, quedaríamos atrapados irreversiblemente en su campo de gravitación y, además, seríamos invisibles desde fuera.
74. LAS COSAS son más complejas que como se representan en el diagrama de la figura 4;
75. LA PROPIA MATERIA DEL CUERPO siente la irresistible atracción que ejerce sobre sí misma y tiende a caer hacia el centro.
76. Más adelante veremos un diagrama espacio-temporal DE LA SITUACIÓN REAL, pero antes debemos adentrarnos en la historia de la RG.

PÁRRAFO 8

77. Poco tiempo después de la publicación de LAS ECUACIONES DE LA RG por Einstein, el alemán Karl Schwarzschild encontró en 1916 la solución de dichas ecuaciones para un cuerpo aislado, estático, de masa total M y con simetría esférica.
78. SU solución tenía una singularidad $r = 0$;
79. no LE PREOCUPÓ mucho, pues pensó que era equivalente a la que aparecía en otros campos de la física clásica.
80. Presentábase, SIN EMBARGO, OTRA ZONA SINGULAR en $r = r_s = 2GM/c^2$, de ahí el nombre de radio de Schwarzschild.
81. Después se sabría que LA ZONA DEFINIDA POR $r = r_s$ no constituía ninguna singularidad real, sino un horizonte, esto es, una membrana unidireccional en el espacio-tiempo que permite el paso de partículas hacia dentro, pero no hacia fuera.
82. Preocupado por ESTA ZONA EXTRAÑA, Schwarzschild calculó una solución en el interior del cuerpo que creaba el campo, y concluyó, no sin cierta satisfacción, que tal cuerpo nunca podría rebasar su radio de Schwarzschild.

PÁRRAFO 9

83. LAS COSAS parecían volver a su lógico orden.
84. POSTERIORMENTE, los premios Nobel Subrahmanyan Chandrasekhar, de la Universidad de Chicago, y Ley Landau, de la Universidad de Moscú, en 1931 y

1932 respectivamente, establecieron un límite superior para la masa de las estrellas degeneradas -enanas blancas-.

85. El significado y las implicaciones de ESTE RESULTADO son obvios, ya que si una estrella, en el curso de su evolución llegara al estado de enana blanca con una masa mayor que la dada por el límite de Chandrasekhar, entonces no podría permanecer en equilibrio en tal estado y continuaría contrayéndose.
86. En 1939, Oppenheimer junto con Volkoff y Snyder extendió EL TRABAJO DE CHANDRASEKHAR a estrellas de neutrones;
87. si UNA ESTRELLA llega a su estado final de evolución con una masa mayor que cierto límite, entonces seguirá contrayéndose indefinidamente, concluyó.
88. SUS cálculos indicaban que ciertas estrellas dotadas de gran masa podían colapsar y sobrepasar su radio de Schwarzschild.
89. TODO ELLO era una inevitable consecuencia de que la gravedad es siempre atractiva.

PÁRRAFO 10

90. El camino hacia los agujeros negros quedaba ASÍ nuevamente abierto.
91. Una vez aceptado que CIERTAS ESTRELLAS PUEDEN COLAPSAR MÁS ALLÁ DE SU RADIO R_s , sólo faltaba comprender qué pasaba en aquella zona extraña que aparecía en la solución de Schwarzschild para r_s .
92. Después del trabajo pionero de Eddington fue en los años 1958-60 cuando se entendió por fin la estructura global de LA CITADA SOLUCIÓN, a través de los artículos publicados por Finkelstein, Fronsdal, Kruskal y Szekeres.

93. TODOS ELLOS pusieron de manifiesto la naturaleza de horizonte de la región $r = r_s$, y de qué forma esta región separaba dos zonas diferenciadas, una interna que se denomina agujero negro y una externa más o menos normal.
94. Cualquier observador en LA ZONA EXTERNA puede entrar en el agujero negro, pero ningún observador ni señal alguna pueden salir del agujero a la zona externa.

PÁRRAFO 11

95. ASÍ PUES, los colapsos gravitatorios predichos por Chandrasekhar y Oppenheimer conducían a la aparición de LOS AGUJEROS NEGROS.
96. PERO ADEMÁS, de TODOS ESTOS ESTUDIOS se desprendía que cualquier tipo de materia, incluida la estelar, caería irremediabilmente al centro $r = 0$, una vez se encontrara en el agujero negro.
97. Se producía ASÍ una región ($r = 0$) donde la densidad de materia era infinita y el espacio-tiempo se rompía y desaparecía: una singularidad.
98. Parecía, PORTANTO, que el primer tipo esencial de singularidad en RG quedaba establecido.
99. Para estudiar EL OTRO TIPO, el de la gran explosión, debemos volver a pasearnos por la historia de la RG y de la cosmología.

La singularidad inicial

PÁRRAFO 12

100. Einstein se percató muy pronto de que, dado que LA INTERACCIÓN GRAVITATORIA dominaba a grandes escalas, podía aplicar SU NUEVA TEORÍA DE LA RG para calcular y el campo gravitatorio del universo y, obtener, por añadidura, la geometría del espacio-tiempo subyacente.
101. Comenzaba ASÍ la cosmología relativista.
102. Creíase EN ESAS FECHAS que EL UNIVERSO era estático -o sea, más o menos inmutable-.
103. POR ESO, Einstein se llevó una gran sorpresa cuando observó que las ecuaciones de su teoría no admitían SOLUCIONES ESTÁTICAS RAZONABLES.
104. Para superar ESTE PROBLEMA, introdujo en sus ecuaciones un nuevo término, la constante cosmológica.
105. CON ESTA CONSTANTE, Einstein presentó un modelo cosmológico que fue seguido inmediatamente por otro modelo publicado por Willen de Sitter en 1917.
106. ESTA ÚLTIMA SOLUCIÓN contenía una singularidad ficticia (en realidad un horizonte), lo cual provocó cierta polémica entre Einstein y de Sitter, más o menos resuelta en el libro de Arthur Stanley Eddington The Mathematical Theory of Relativity (1923).
107. En 1922 y 1924, el matemático soviético A. Friedman estudió los primeros modelos cosmológicos CON SINGULARIDAD REAL;
108. SU trabajo fue ampliado posteriormente por A.P. Robertson y más tarde por Walker.

109. ESTOS MODELOS constituyen la base de la actual cosmología estándar.

PÁRRAFO 13

110. Desde un punto de vista experimental, el hecho más importante para LA COSMOLOGÍA DE LOS AÑOS TREINTA fue el descubrimiento, realizado por Edwin Hubble en 1929, del desplazamiento hacia el rojo de las rayas espectrales de las galaxias distante y, como consecuencia, la relación lineal entre la distancia de tales galaxias a nosotros y su velocidad de alejamiento.

111. EL RESULTADO DE ELLO sería la aceptación de un universo en expansión.

112. Hay CORRIMIENTO HACIA EL ROJO en el modelo de Sitter, aunque entonces la interpretación que se le daba era de otro tipo.

113. Lemaître fue quien primero calculó LOS CORRIMIENTOS AL ROJO en modelos similares a los de Friedman -no estáticos-, y su trabajo impresionó tanto a Eddington que éste le dio bastante publicidad.

114. Se empezó a aceptar lo que hoy llamaríamos la interpretación normal de TALES CORRIMIENTOS AL ROJO, a pesar de que con ello algunos modelos cosmológicos presentaban una singularidad espacio-temporal.

PÁRRAFO 14

115. Einstein comprendió que LA CONSTANTE COSMOLÓGICA era más bien arbitraria, apreciación que compartió Richard Tolman, quien también presentó un modelo cosmológico no estático.

116. Grosso modo, podemos resumir LAS POSTURAS DE LOS AÑOS TREINTA en dos clases- los que usaban la constante cosmológica y lo que prescindían de ella -principalmente Einstein y Tolman - y estudiaban modelos en expansión, todos los cuales poseían una singularidad inicial, conocida hoy como «gran explosión».
117. LOS MODELOS ESTÁNDAR DE FRIEDMAN-ROBERTSON-WALKER eran los únicos que satisfacían el principio cosmológico, que afirma que el universo es homogéneo (todos sus puntos son equivalentes) e isótropo (todas las direcciones espaciales son equivalentes).
118. ESTE PRINCIPIO se basa en la observación de que el universo se nos aparece isótropo a nosotros y en la aceptación de que no ocupamos un lugar privilegiado, siguiendo las ideas iniciadas por Copérnico y Galileo.

PÁRRAFO 15

119. ESTOS ÚLTIMOS MODELOS contienen una singularidad inicial que es, de hecho, una creación u origen de todo el universo.
120. ANTES DE LA GRAN EXPLOSIÓN no había espacio-tiempo.
121. TAN SINGULAR PROPIEDAD no molestaba entonces a los físicos, ya que la inmensa mayoría pensaba que se debía a la excesiva simetría de las soluciones y que, en un pasado remoto -cerca de la gran explosión-, el estricto principio cosmológico no sería cierto, debido a la inevitable aparición de irregularidades.
122. A PESAR DE TODO, el modelo de mayor éxito hasta los años sesenta era el del estado estable, formulado por Hermann Bondi, Fred Hoyle y otros.

123. ESTE MODELO estaba en expansión y no tenía singularidad, aunque necesitaba una continua creación de materia.
124. ENTRETANTO, fue George Gamow el primero en realizar un cálculo moderno de aparición de elementos en LOS MODELOS DE FRIEDMAN;
125. aunque CONOCÍA la existencia de la singularidad inicial, como otros muchos no le concedió importancia, pues pensaba que se debía a una fase previa de contracción del universo en la que toda la materia se había deshecho en sus constituyentes elementales (partículas elementales).
126. Fue ÉL con sus colaboradores, quien predijo la existencia, si los modelos de gran explosión eran correctos, de una radiación de fondo, fósil de épocas antiguas superdensas y muy calientes.
127. La detección de ESTA RADIACIÓN DE FONDO por Arno A. Penzias y Robert W. Wilson, de los laboratorios Bell, en 1964 es, quizás, el descubrimiento de mayor relevancia para la cosmología y, ni que decir tiene, una indicación sólida de que el universo había pasado, en tiempos remotos, por una fase extremadamente compacta, muy densa y a alta temperatura.
128. EN POSTERIORES OBSERVACIONES se ha detectado que ESTA RADIACIÓN DE FONDO es altamente isótropa, lo cual nos lleva a considerar seriamente la posibilidad de que el universo sea de tipo Fredman-Robertson-Walker ahora y lo haya sido en etapas anteriores.
129. EN CONSECUENCIA, quizá debamos aceptar la singularidad inicial.

PÁRRAFO 16

130. PERO, al mismo tiempo que se detectó LA RADIACIÓN DE FONDO, Penrose

estaba gestando, en 1964, el que sería un resultado de fundamental importancia y que abriría la puerta para el desarrollo de los teoremas.

Teoremas de singularidades

PÁRRAFO 17

131. Ya sabemos que LAS SINGULARIDADES aparecen en diferentes situaciones físicas dentro del marco de la RG.
132. ¿Se deben ESTAS SINGULARIDADES a la idealización de los problemas y a la excesiva simetría impuesta para abordarlos?
133. EN EL CASO DE COLAPSO GRAVITATORIO, supusimos que el cuerpo que se contraía poseía simetría esférica y que el colapso preservaba esta situación altamente perfecta.
134. TAL POSIBILIDAD no es realista:
135. bastan pequeñas desviaciones de la simetría esférica para provocar que no todo COLAPSARA en el centro $r=0$ y evitar así la singularidad.
136. ADEMÁS, aunque EL UNIVERSO parece isótropo, no lo es en puridad, habida cuenta de la existencia de irregularidades locales (las galaxias, por ejemplo).

PÁRRAFO 18

137. Se necesitaba, PUES, una respuesta A ESTAS CUESTIONES para poder aceptar o desechar las singularidades.

138. EL PRIMER PROBLEMA, SIN EMBARGO, era cómo definir el concepto de singularidad.
139. Porque LAS SINGULARIDADES no forman parte del espacio-tiempo, los físicos no saben decir casi nada acerca de ellas.
140. Podría pensarse que UNA SINGULARIDAD viene definida por una zona donde alguna magnitud espacio-temporal se hace infinita, pero esto no es en absoluto cierto.
141. Para Penrose, se dice que UN ESPACIO-TIEMPO contiene UNA SINGULARIDAD cuando existen observadores que tienen un final repentino o un comienzo espontáneo.
142. La razón para dar ESTA DEFINICIÓN un tanto extraña y rebuscada es la lógica suposición de que las líneas de universo de cualquier observador no debería tener un final ni un principio, por obvia comparación con el espacio-tiempo plano.
143. POR OTRO LADO, es trivial ver que cuando existen SINGULARIDADES hay OBSERVADORES con un final súbito, o con un principio ex nihilo.

PÁRRAFO 19

144. Penrose se planteó «la cuestión» [...] de si LA SINGULARIDAD [en el colapso estelar] es, de hecho, simplemente una propiedad de la alta simetría...
145. La materia COLAPSA radialmente al único punto central, así que la catástrofe resultante en el espacio-tiempo quizá no es sorprendente.

146. La presencia de perturbaciones que destrozan LA SIMETRÍA ESFÉRICA ¿no podría alterar LA SITUACIÓN drásticamente?
147. CON ESTE PREFACIO y el bagaje de refinadas técnicas matemáticas desarrolladas por él mismo, Penrose demostró la presencia de singularidades en el colapso estelar si se suponen ciertas condiciones razonables.

PÁRRAFO 20

148. **¿Cuáles son ESTAS SUPOSICIONES?**
149. Esencialmente TRES.
150. PRIMERO impuso UNA CONDICIÓN DE ENERGÍA, esto es, una condición según la cual la energía es siempre no negativa, lo que implica que la interacción gravitatoria sea siempre atractiva; suposición que está avalada por una firme base experimental.
151. SEGUNDO, adoptó UNA FORMA PARTICULAR DE CONDICIÓN DE CAUSALIDAD;
152. EN ESTE CASO CONCRETO fue LA CONDICIÓN según la cual todos los observadores deberían pasar, una y una sola vez, por el espacio definido en un instante de tiempo dado.
153. Se puede obtener una idea intuitiva de ESTA CONDICIÓN observando que, en los diagramas de las figuras 2-5, cualquier línea de universo corta los planos $t =$ constante una y una sola vez.
154. Penrose impuso POR ÚLTIMO, UNA CONDICIÓN INICIAL, a saber la existencia de una superficie cerrada atrapada.

155. ESTAS SUPERFICIES son aquellas en las que su futuro causal está incluido en su interior.
156. CON ESTAS TRES CONDICIONES Penrose demostró de forma sencilla pero tajante que el espacio-tiempo debería contener líneas de universo incompletas, o sea, singularidades.

PÁRRAFO 21

157. La importancia de ESTE TEOREMA es doble.
158. POR UNA PARTE, INDICA que las desviaciones de la simetría esférica no impiden la formación de singularidades en el colapso gravitatorio, ya que según los resultados de Chandrasekhar y Oppenheimer parece claro que en tales situaciones existirán superficies atrapadas.
159. SEGUNDO, Y QUIZÁ MÁS IMPORTANTE, IMPULSÓ y ESTIMULÓ a otros físicos a estudiar y extender ESTOS RESULTADOS.
160. ASÍ fue como Geroch y, principalmente, Hawking publicaron UNA SERIE DE RESULTADOS CALIFICADOS COMO TEOREMAS DE SINGULARIDADES.
161. HAWKING obtuvo TEOREMAS aplicables a la cosmología y, en particular, a la singularidad inicial;
162. TODOS presentaban el mismo esqueleto: una condición de energía, otra de causalidad y, finalmente, una condición inicial.
163. En 1970, HAWKING y Penrose presentaron el que sería EL TEOREMA DE SINGULARIDADES POR EXCELENCIA.

164. EN ESTE TEOREMA combinaron TODOS SUS RESULTADOS ANTERIORES y debilitaron las condiciones a exigir, de manera que incluía la mayor parte de las situaciones físicas de interés.
165. Aunque POSTERIORMENTE hubo mejoras de LOS TEOREMAS por medio de los trabajos de Frank J. Tipler, Clarke y otros, EL RESULTADO ESENCIAL es el contenido en el teorema de Hawking y Penrose.

PÁRRAFO 22

166. Podemos resumir ESTE RESULTADO de la siguiente forma.
167. En el colapso gravitatorio, LA SINGULARIDAD es inevitable siempre que se formen regiones atrapadas.
168. La aparición de ÉSTAS no está rigurosamente probada, pero todo parece indicar que así será a través de la extensión realizada de los trabajos de Chandrasekhar y Oppenheimer y, también por la observación de la existencia de púlsares: estrellas de neutrones de masa enorme y radio muy pequeño.
169. EN EL CASO DE LA COSMOLOGÍA, POR OTRA PARTE. hay dos posibilidades.
170. Si el universo es cerrado -finito espacialmente- de nuevo PARECE INEVITABLE LA APARICIÓN DE REGIONES ATRAPADAS, como prueba la existencia observada experimentalmente, de la radiación de fondo;
171. la alta isotropía de ÉSTA, a su vez, denuncia LA POSIBLE EXISTENCIA DE UNA SINGULARIDAD, que normalmente se interpreta como la gran explosión.

172. POR EL CONTRARIO, si el universo es abierto -espacialmente infinito-, LA EXISTENCIA DE REGIONES ATRAPADAS NO PARECE OBLIGADA y hay casos con singularidad y casos sin ella.
173. Los teoremas de SINGULARIDADES apoyan PUES la idea de la consustancialidad de éstas con la RG, siempre que supongamos condiciones físicamente realistas.
174. PERO, ¿es **ESTO realmente así?**
175. Aún no hemos hablado de UN TERCER TIPO DE SINGULARIDAD que surge en la RG: la de la colisión de ondas gravitatorias.

Colisión de ondas gravitatorias.

PÁRRAFO 23

176. OTRA DE LAS PREDICCIONES DE LA RG -aún sin confirmación experimental definitiva- es la existencia de ONDAS DE GRAVEDAD que se propagan, como las ondas electromagnéticas, a la velocidad de la luz.
177. En la actualidad hay una gran inversión de medios tanto técnicos como humanos para la detección de TAN DÉBILES ONDAS.
178. En todos los campos de la física, LAS ONDAS MÁS SIMPLES son las ondas planas, que aparecen de forma aproximada en regiones suficientemente pequeñas muy alejadas de las fuentes que las originan.
179. Uno de los primeros problemas que cualquier físico tratará de entender en cualquiera de ESTOS CAMPOS es el de la colisión de ONDAS.

PÁRRAFO 24

180. Podemos obtener una idea sencilla de UNA COLISIÓN DE ONDAS pensando en lo que ocurre cuando lanzamos dos piedras a un lago, y en cómo las olas - ondas de agua- que estas piedras generan chocan e interfieren constructiva o destructivamente.
181. En general, LOS CASOS DE COLISIÓN estudiados en física son lineales - o sea, obedecen el llamado principio de superposición - y la onda resultante no es más que la simple suma de las ondas iniciales.
182. ASÍ, POR EJEMPLO, si la cresta de UNA ONDA coincide en un punto con la cresta de la otra onda, el resultado será una cresta de altura la suma de las alturas de cada una de las crestas iniciales y lo mismo ocurre en un punto con dos valles.
183. POR EL CONTRARIO, si UNA CRESTA coincide con un valle, ambos de igual magnitud, el resultado es la anulación de la onda.

PÁRRAFO 25

184. La situación en RG es BASTANTE DISTINTA.
185. La interacción de ondas gravitatorias es no lineal.
186. El resultado producido en SU colisión difiere, POR TANTO, DEL ANTEDICHO y resulta inesperado.
187. Las primeras soluciones obtenidas que describían COLISIÓN DE ONDAS PLANAS GRAVITATORIAS fueron presentadas por Khan y Penrose e, independientemente, por Szekeres en los primeros años de la década de los setenta.

- 188. EL RESULTADO era la aparición, un tiempo finito después del primer instante de colisión, de una singularidad espacio-temporal que provocaba la catastrófica desaparición del espacio-tiempo.
- 189. ADEMÁS, ESTA SINGULARIDAD era independiente de las intensidades de las ondas iniciales.
- 190. TAN EXTRAÑA SITUACIÓN podría no sorprendernos después de toda la discusión anterior y de los teoremas de singularidades.
- 191. PERO ESTA SINGULARIDAD es profundamente distinta a las anteriores y, como vamos a ver, es mucho mas problemática.

PÁRRAFO 26

- 192. LAS SINGULARIDADES TRADICIONALES DE LA FÍSICA se consideran benignas por dos razones:
- 193. REPRESENTAN las fuentes y no destruyen el espacio-tiempo.
- 194. La gran explosión y los agujeros negros no cumplen LA SEGUNDA PROPIEDAD, pero todavía mantienen LA PRIMERA ya que son singularidades donde se concentra la materia que es fuente del campo gravitatorio.
- 195. Podríamos, PUES calificar de semibenignas a ESTAS SINGULARIDADES y, con una postura optimista, esperar que una adecuada teoría para la materia dentro de la RG suavice la semicatástrofe que producen.
- 196. LA SINGULARIDAD del choque de ondas, CONTRARIAMENTE, ocurre en un espacio-tiempo vacío sin materia-, y no hay posible interpretación optimista.

197. Al no satisfacer ninguna de las propiedades de benignidad, LA SINGULARIDAD DE LA COLISIÓN DE ONDAS podría ser calificada de maligna.
198. ESTE PROBLEMA ha sido expuesto claramente en diferentes ocasiones, en particular por W.B. Bonnor.

PÁRRAFO 27

199. El examen más pertinente DEL PROBLEMA se debe a Tipler, quien considera - en contra de la opinión de Perese y Khan- que LA APARICIÓN DE SINGULARIDADES EN LA COLISIÓN DE ONDAS PLANAS depende crucialmente de la suposición de planitud de las ondas.
200. (UNA SUPOSICIÓN que es altamente idealizada e irrealizable de forma exacta en la realidad)
201. Si ESTE RESULTADO fuera cierto, quizá podríamos recuperar el optimismo, pero la falta de soluciones exactas que describan LA COLISIÓN DE ONDAS NO PLANAS deja abierta la cuestión.
202. POR LO DEMÁS ESTA SINGULARIDAD MALIGNA reabre la cuestión de hasta qué punto la excesiva simetría es la causa de las singularidades y de si, en general, debemos culpar a la propia teoría de la RG, y a sus posibles fallos, de la aparición de singularidades; o, por el contrario, de si las singularidades son algo realmente existente.
203. PERO, ¿cuál es la situación actual DEL PROBLEMA DE LAS SINGULARIDADES?

Existencia de singularidades y RG

PÁRRAFO 28

204. Pudiera creerse que las condiciones de energía - o sea, que la energía sea siempre positiva y, por tanto, la gravedad siempre atractiva - implican necesariamente LAS SINGULARIDADES por medio de la RG.
205. ESA IDEA, bastante extendida, es falsa.
206. Según hemos visto, LOS TEOREMAS DE SINGULARIDADES presuponen otras hipótesis, aparte de una condición de energía; por ejemplo, las condiciones de causalidad.
207. POR ELLO, unida a AQUELLA IDEA FALSA suele ir la creencia de que LAS CONDICIONES DE ENERGÍA implican, a través de la RG, SINGULARIDADES o violación de LA CAUSALIDAD.
208. DE NUEVO, ESO también es falso ya que, además de CONDICIONES DE ENERGÍA Y CAUSALIDAD, LOS TEOREMAS DE SINGULARIDADES dependen esencialmente de un tercer tipo de condiciones, a saber, las condiciones iniciales:
209. en todos los casos ESTAS CONDICIONES implican la existencia de regiones causalmente atrapadas ya sea en el futuro o en el pasado.
210. La conclusión que podemos obtener de la falsedad de ESTAS DOS IDEAS es directa, y un análisis objetivo y detallado del tema nos permite afirmar que la RG no implica, necesariamente, la existencia de singularidades.

PÁRRAFO 29

211. Me gustaría abundar en ESTE TEMA, pues LA AFIRMACIÓN ANTERIOR podría calificarse de heterodoxa.

212. Nada más lejos de LA REALIDAD.

213. Existen muchísimas soluciones de las ecuaciones de Einstein DE LA RG LIBRES DE SINGULARIDADES.

214. Lo que sucede es que se comete EL ERROR GENERALIZADO de confundir dos cuestiones diferentes.

215. LA PRIMERA es LA ANTEDICHA AFIRMACIÓN.

216. LA SEGUNDA es:

217. ¿Tiene SINGULARIDADES nuestro universo?

218. La respuesta a ESTA PREGUNTA puede ser afirmativa, debido principalmente a la posible existencia de regiones atrapadas.

219. Pero ESTO ÚLTIMO es un hecho observacional y no forma parte del cuerpo teórico básico de la RG.

220. La comprensión de ESTA DIFERENCIA debería eliminar el carácter heterodoxo de la negación de la implicación necesaria de las singularidades por la RG.

PÁRRAFO 30

221. En el caso de la cosmología y la singularidad inicial, la aceptación de ESAS IDEAS FALSAS se basaba en el hecho de no haberse encontrado soluciones exactas cosmológicas -modelos cosmológicos- sin singularidades.
222. ESTO ha cambiado recientemente, debido a un modelo presentado por el autor que satisface las condiciones de energía y causalidad en sus versiones más fuertes, que verifica además otras muchas condiciones realistas, que tiene un carácter obviamente cosmológico y que no presenta singularidades.
223. EN ESTE MODELO, aunque la materia colapsa por su propia atracción, un gradiente de presión impide que colapse indefinidamente y la obliga a rebotar y comenzar a expandirse.
224. TODO ELLO es una pura y simple consecuencia de la no existencia, EN ESTE MODELO, de regiones atrapadas.
225. La aparición de ESTA SOLUCIÓN ha causado cierto revuelo y me gustaría señalar que simplemente nos indica, o mejor, recuerda, la veracidad de las anteriores consideraciones sobre la no implicación directa de las singularidades por la RG.
226. PERO ESTE MODELO no puede dar una descripción completa del universo real, el cual muy bien podría haberse originado en una singularidad inicial, aunque, repito, a fuerza de parecer pesado, eso no es una consecuencia de la RG, sino de un dato observacional como la existencia e isotropía de la radiación de fondo y de posibles regiones atrapadas.

PÁRRAFO 31

227. TODO LO ANTERIOR nos conduce, a mi parecer, a una nueva pregunta.
228. Aceptando las dos posibilidades reales, en pie de igualdad aproximadamente, de SOLUCIONES CON Y SIN SINGULARIDADES, y aceptando asimismo que nuestro universo parece haberse originado en una singularidad inicial, ¿por qué el universo ha escogido un origen tan singular?
229. ESTA CUESTIÓN podría parecer más filosófica que científica, pero la cosmología se plantea preguntas similares muy a menudo.
230. Baste como BOTÓN DE MUESTRA lo siguiente:
231. el hecho de que NUESTRO UNIVERSO sea bastante homogéneo e isótropo en la actualidad sólo parece poder explicarse con la suposición de condiciones iniciales muy especiales -y que forman una parte despreciable dentro del conjunto de todas las posibles condiciones iniciales-, lo cual ha llevado al estudio de modelos inflacionarios, por ejemplo.
232. DE LA MISMA FORMA podríamos preguntarnos el porqué de la elección del UNIVERSO DE CONDICIONES INICIALES ESPECIALES -o, al menos, en pie de igualdad con otras- tales como la gran explosión.
233. No sé si la respuesta a ESTA CUESTIÓN está a nuestro alcance hoy en día, pero al menos deberíamos ser lo suficiente honestos como para planteárnosla.

PÁRRAFO 32

234. Cambiando un poco EL DISCURSO, es necesario plasmar aquí las posturas de los relativistas con respecto a las singularidades.

235. Como norma general, TODOS aceptan el hecho de que las singularidades indican un límite de validez para la teoría de la RG.
236. EN OTRAS PALABRAS, a las altísimas energías a las que aparecen las singularidades, LA RG no es UNA TEORÍA FIABLE -no hemos podido comprobarla experimentalmente bajo tales condiciones extremas- y, por consiguiente, una teoría más adecuada y general sería necesaria.
237. EN ESTE SENTIDO, la postura absolutamente mayoritaria es aquella según la cual se espera que la combinación de los efectos cuánticos con los gravitatorios nos proporcione una solución satisfactoria del PROBLEMA.
238. Desafortunadamente, la teoría cuántica de la gravedad parece RESISTIRSE, y todos los intentos PARA SU CONSECUCCIÓN han sido infructuosos hasta la fecha.
239. Como siempre, la solución y la comprensión finales de ESTAS CUESTIONES sólo el tiempo y el esfuerzo nos las darán.

PÁRRAFO 33

240. Para acabar ESTE BREVE REPASO POR EL MUNDO DE LAS SINGULARIDADES EN LA RG, desearía plasmar mi personal opinión de que las singularidades plantean un problema abierto aún en estos días, y a pesar de los teoremas de singularidades.
241. ASÍ, quisiera terminar enunciando una pequeña serie de preguntas que, a mi entender, necesitan urgente respuesta.
242. ¿Cómo resolver EL PROBLEMA DE LA SINGULARIDAD MALIGNA en la colisión de ondas gravitatorias?

243. ¿Qué tipo de solución es más genérica EN RG, la que tenga o la que no tenga UNA SINGULARIDAD?
244. Si AMBOS TIPOS son igualmente genéricos, aproximadamente, ¿bajo qué razonamiento aceptar o desechar UNAS U OTRAS?
245. EN ESTE SENTIDO, ¿por qué el universo habría elegido tener su origen EN UNA SINGULARIDAD INICIAL?
246. ¿es posible probar UN TEOREMA DE NO SINGULARIDADES, estableciendo bajo qué condiciones físicamente realistas una solución no tendrá SINGULARIDADES?

PÁRRAFO 34

247. ESTAS Y OTRAS MUCHAS PREGUNTAS que no incluimos en aras de la brevedad no tienen una respuesta satisfactoria todavía.
248. Y, lo que a mi parecer es PEOR, no se LES está dedicando la atención que merecen.
249. Cualquier aproximación a una respuesta a ESAS CUESTIONES nos ayudará indudablemente a la definitiva comprensión de las singularidades en RG y, en particular, a profundizar en el posible origen -y el posible destino- de la materia.

ANEXO 11

ESPECTROSCOPIA ASTROFÍSICA CON FIBRAS ÓPTICAS

- 0.1. LAS FIBRAS ÓPTICAS pueden transformar imágenes bidimensionales en unidimensionales.
- 0.2. En astrofísica, PERMITEN la observación simultanea de un gran numero de objetos o de muchas regiones de un objeto extenso.

PÁRRAFO 1

1. La metodología empleada EN ASTROFÍSICA difiere de la que caracteriza a otras ramas de las ciencias físicas.
2. EN ÉSTAS, la experimentación constituye la base sobre la que se fundamenta el conocimiento;
3. el investigador astrofísico, POR CONTRA, se ve incapaz, en general, de realizar TAL ACTIVIDAD.
4. EXPERIMENTAR implica cierto poder de interacción y control sobre el sistema físico sometido a estudio.
5. AHORA BIEN, LOS OBJETOS ASTROFÍSICOS se presentan como sistemas físicos de acceso muy limitado, con los que apenas podemos interactuar.
6. POR EJEMPLO, NO PODEMOS PROVOCAR LA EXPLOSIÓN DE UNA SUPERNOVA, ni favorecer el nacimiento de una galaxia, ni dejar caer una estrella sobre un agujero negro, para comprobar experimentalmente teorías o modelos.

PÁRRAFO 2

7. MÁS AÚN. TAMPOCO PODEMOS, salvo algunas excepciones, simular en el laboratorio los procesos físicos que ocurren en el resto del universo.
8. LA RAZÓN es evidente:
9. las escalas de energía, espacio y tiempo que involucran LOS PROCESOS ASTROFÍSICOS difieren, en varios órdenes de magnitud, de las que definen nuestro entorno cercano.
10. ESTOS HECHOS explican que, en astrofísica, la experimentación deje paso a la observación.
11. POR OBSERVACIÓN entendemos el proceso de detección y registro de algún tipo de señal (generalmente, radiación electromagnética) procedente de los objetos en estudio.
12. ESTA SEÑAL, que suele venir determinada por múltiple efectos simultáneos, se interpreta en el marco de modelos fundamentados en las leyes de la física.
13. DE ESTA FORMA, se infiere la información acerca de los objetos en estudio.

PÁRRAFO 3

14. La historia de la astronomía y la astrofísica nos enseña que los grandes avances han sido consecuencia, a menudo, de una mejora en LA CAPACIDAD DE OBSERVACIÓN.
15. La invención del telescopio óptico, así como la aplicación de la fotografía y espectroscopía en este contexto, son CLAROS EJEMPLOS.

16. Aunque los orígenes de la astronomía se encuentran en la observación del cielo a ojo desnudo (sin ayuda de instrumentos), LA INVENCIÓN DEL TELESCOPIO ÓPTICO aceleró el firme desarrollo de esta ciencia.
17. GRACIAS AL TELESCOPIO no sólo fue posible agrandar la imagen de algunos objetos astronómicos, sino que, al captar más radiación que la recogida por la pupila, se consiguió ver otros nuevos.
18. LA APLICACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA EN ASTRONOMÍA supuso TAMBIÉN un gran avance al permitir registrar de forma duradera imágenes y espectros, posibilitando análisis cuantitativos más detallados.

PÁRRAFO 4

19. La capacidad de descomponer la luz con la ayuda de espectrógrafos provocó un cambio cualitativo en el estudio de LOS OBJETOS ASTRONÓMICOS.
20. La interpretación de los espectros llevó a inferir las condiciones físicas y composición química de ESTOS OBJETOS, así como aspectos relativos a su cinemática.
21. Es, quizá LA ESPECTROSCOPÍA la técnica que provocó el nacimiento de una nueva rama de la astronomía: la astrofísica.
22. A diferencia de LA ASTRONOMÍA TRADICIONAL, que se ceñía a los aspectos morfológicos y dinámicos, LA NUEVA DISCIPLINA comenzó a ocuparse del estudio físico de los astros.
23. OTRAS TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA LUZ, como la fotometría o la interferometría, han resultado también de gran interés EN ASTROFÍSICA al ayudar a resolver problemas de índole física.

24. La extrapolación de TODAS ESTAS TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN a otras regiones del espectro electromagnético, a las que no son sensibles nuestros ojos ni la mayor parte de las emulsiones fotográficas, como el radio, infrarrojo, ultravioleta, rayos X y rayos gamma, ha contribuido de forma notable al desarrollo de LA ASTROFÍSICA a lo largo de este siglo.

PÁRRAFO 5

25. El proceso de mejorar NUESTRA CAPACIDAD DE OBSERVAR no cesa.
26. POR UNA PARTE, LOS TELESCOPIOS ESPACIALES acceden a regiones espectrales que quedan total o parcialmente bloqueadas por la atmósfera, evitando las perturbaciones que ésta produce.
27. POR OTRA, gracias al desarrollo de GRANDES TELESCOPIOS TERRESTRES, podemos recoger la luz de objetos muy débiles y lejanos, en el espacio y en el tiempo.

PÁRRAFO 6

28. AHORA BIEN, no todos los esfuerzos están dirigidos a evitar LOS EFECTOS DE LA ATMÓSFERA o a construir TELESCOPIOS CAPACES DE RECOGER MÁS RADIACIÓN.
29. CON IGUAL INTENSIDAD se intenta optimizar el proceso de detección de la radiación.
30. PARA TAL FIN se construyen complejos instrumentos, que aprovechan los recientes avances en distintos campos de la técnica, en particular de la óptica instrumental, la electrónica, la física de detectores y la informática.

31. EN ESTE CONTEXTO DE LA INSTRUMENTACIÓN ASTRONÓMICA, están mostrando su utilidad las fibras ópticas al elevar espectacularmente el rendimiento de la observación en algunos estudios.

PÁRRAFO 7

32. LAS FIBRAS ÓPTICAS son conductos flexibles que permiten transmitir la luz.
33. SU origen podría buscarse en los sistemas de canalización de la luz contruidos para iluminar almacenes y minas subterráneas a finales del siglo pasado.
34. ESTOS SISTEMAS utilizaban tubos huecos, revestidos interiormente de un material reflectante, para transportar la luz.
35. EL PRINCIPIO era sencillo:
36. una vez que LOS RAYOS DE LUZ se introducían por un extremo del tubo, se propagaban en su interior, reflejándose cada vez que encontraban la superficie interna del mismo, hasta alcanzar el otro extremo.
37. En las fibras ópticas modernas LA LUZ se transmite de forma ANÁLOGA.
38. MAS para conseguir que LOS RAYOS DE LUZ se reflejen en su interior éste se construye con dos tipos diferentes de vidrio o plástico.
39. LA PARTE MÁS INTERNA, llamada núcleo, tiene un índice de refracción superior al de la externa, o recubrimiento.
40. En general, cuando la luz se propaga en un medio y encuentra OTRO DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN INFERIOR, parte de la misma se refracta (se transmite en el

medio de menor índice mayor) y parte se refleja continuando su propagación al medio de índice mayor.

PÁRRAFO 8

41. LA PROPORCIÓN DE LUZ REFLEJADA depende exclusivamente del ángulo con el que incide la luz sobre la superficie de separación de LOS DOS MEDIOS;
42. A PARTIR DE UN DETERMINADO ÁNGULO, LA REFLEXIÓN es total.
43. POR TANTO, si introducimos UN RAYO DE LUZ en el interior del núcleo de la fibra, de forma que las incidencias sobre la superficie que separa el núcleo del recubrimiento se produzcan con un ángulo igual o superior al de la reflexión total, éste se propagará por el núcleo de la fibra.
44. Ni siquiera es necesario que exista una discontinuidad en el índice de refracción para que la luz se propague por EL INTERIOR DE UNA FIBRA.
45. ALGUNAS, LAS LLAMADAS FIBRAS DE ÍNDICE GRADUAL, se construyen con un material cuyo índice de refracción disminuye de forma continua hacia el exterior.
46. EN EL INTERIOR DE ESTAS FIBRAS, los rayos de luz se propagan describiendo trayectorias sinusoidales.

PÁRRAFO 9

47. Los primeros pasos hacia la incorporación de LAS FIBRAS ÓPTICAS en la instrumentación astronómica los dieron, en la década de los setenta, Roger Angel y su grupo, de la Universidad de Arizona.

48. BUSCABAN cómo transportar a un único instrumento y MEDIANTE FIBRAS ÓPTICAS, la luz recogida por varios telescopios.
49. ESTO permitirá aumentar la superficie colectora de forma que, si no se produjesen pérdidas en la transmisión, observar con, por ejemplo, 10 telescopios de un metro cuadrado de superficie colectora, equivaldría a observar con un único telescopio de 10 metros cuadrados de superficie colectora.
50. LA VENTAJA era evidente, pues desde el punto de vista tecnológico la complicación y el coste a la hora de construir telescopios aumenta espectacularmente con su tamaño.

PÁRRAFO 10

51. Para analizar las posibilidades prácticas DEL MONTAJE, en 1979 el grupo de Angel realizó la primera observación astronómica utilizando una fibra óptica de 20 metros:
52. TRANSPORTABA la luz desde el foco de un telescopio hasta la entrada de un espectrógrafo.
53. El resultado DEL ENSAYO fue positivo:
54. quedó demostrado que, bajo algunas condiciones, no se producían pérdidas importantes en LA TRANSMISIÓN.
55. Comenzó a pensarse en las ventajas de LA FIBRAS ÓPTICAS, incluso trabajando con un solo telescopio.

56. LA CONEXIÓN DEL FOCO DEL TELESCOPIO AL INSTRUMENTO, MEDIANTE UNA FIBRA ÓPTICA, ofrece la ventaja de poder aislar aquél y éste mecánicamente:
57. EL INSTRUMENTO no tiene por qué estar acoplado al TELESCOPIO, el cual necesariamente debe moverse y estar a la temperatura ambiente, lo que permite mantener unas condiciones de estabilidad excepcionales.
58. ESTA IDEA se emplearía LUEGO en varios observatorios especialmente con instrumentos destinados a medidas de velocidades radiales muy precisas de los objetos celestes.
59. Cualquier cambio de orientación o temperatura EN ESTOS INSTRUMENTOS puede alterar las mediciones obtenidas;
60. POR ESO, SE COLOCAN aislados mecánicamente del telescopio, en habitaciones con la temperatura controlada, inyectándose la luz a los mismos a través de una fibra óptica.

PÁRRAFO 11

61. En 1980, John Hill y colaboradores, del Observatorio de Steward, propusieron OTRA APLICACIÓN DE LAS FIBRAS que, sin duda, ha sido la que mayores éxitos ha cosechado.
62. LA IDEA BÁSICA consistía en conectar, MEDIANTE FIBRAS ÓPTICAS, diferentes partes del plano focal del telescopio en la entrada de un espectrógrafo.
63. ESTO permitiría analizar espectralmente varios objetos de forma simultánea.

64. Con la construcción de un instrumento, que llamaron MEDUSA, demostraron que sus ideas eran factibles, al realizar con el mismo ESPECTROSCOPÍA SIMULTÁNEA DE OCHO GALAXIAS.
65. PERO veamos con más detalle el interés y el fundamento de ESTE TIPO DE ESPECTROSCOPÍA, LLAMADA MULTIOBJETO.

PÁRRAFO 12

66. Cuando trabajamos CON UN ESPECTRÓGRAFO CONVENCIONAL sólo podemos descomponer y analizar la luz de zonas unidimensionales o lineales.
67. ESTA LIMITACIÓN se debe a que una de las dos dimensiones del detector se utiliza como dirección espectral, sobre la cual se distribuyen las diferentes longitudes de onda, quedando, por tanto, una única dimensión para registrar información espacial.
68. EN CONSECUENCIA, UN ESPECTRÓGRAFO CONVENCIONAL no puede analizar simultáneamente toda la luz recibida en el plano focal del telescopio;
69. al ser ÉSTE bidimensional, nos vemos obligados a escoger un corte unidimensional del mismo, donde debemos colocar la rendija o entrada del espectrógrafo.
70. ESTA LIMITACIÓN restringe enormemente el número de objetos que pueden analizarse espectralmente de forma simultánea.
71. En la práctica LA OBSERVACIÓN ESPECTROSCÓPICA DE VARIOS OBJETOS CON UN ESPECTRÓGRAFO CONVENCIONAL se realiza de forma secuencial, aun cuando todos los objetos estén en el plano focal del telescopio.

PÁRRAFO 13

72. PERO las fibras pueden reordenar o modificar LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS OBJETOS que aparecen en una imagen;
73. en especial, si ÉSTOS son tan sencillos como los que suelen encontrarse en el plano focal de un telescopio.
74. ESTA REORDENACIÓN O MODIFICACIÓN se consigue conectando los extremos de un conjunto de fibras sobre la imagen real, o parte de la misma, y disponiendo el otro extremo con la configuración espacial deseada.
75. En nuestro contexto, el interés de ESTA CAPACIDAD DE LAS FIBRAS reside en poder transformar la distribución real y bidimensional de los objetos (en el plano focal) a una distribución unidimensional o lineal.
76. ESTA NUEVA DISPOSICIÓN DE LOS OBJETOS permite que sean analizados simultáneamente por un espectrógrafo.
77. ESTA APLICACIÓN tiene interés en trabajos que requieren la observación de un gran número de objetos que aparecen agrupados.
78. ES el caso de los estudios realizados en cúmulos estelares y de galaxias.

PÁRRAFO 14

79. Basándonos en ESOS MISMOS PRINCIPIOS podremos analizar simultáneamente diferentes regiones de un objeto extenso (espectroscopía bidimensional).
80. EN ESTE CASO, y por medio de las fibras ópticas, transformaremos su morfología real bidimensional en unidimensional, para su análisis espectrográfico.

81. ESTE TIPO DE APLICACIÓN es de utilidad en el estudio de galaxias, supernovas, nebulosas, regiones de hidrógeno ionizado, etcétera.

PÁRRAFO 15

82. Evidentemente, cuantas más fibras podamos utilizar mayor será EL NÚMERO DE OBJETOS O REGIONES QUE PUEDEN SER OBSERVADOS A LA VEZ, pues cada fibra transporta la radiación de cada uno de ellos.
83. PERO hay límites prácticos AL NÚMERO DE FIBRAS que admite un espectrógrafo.
84. Factores muy diversos, relacionados con el diseño óptico DEL ESPECTRÓGRAFO y con las características de los detectores empleados en astrofísica, determinan DICHO NÚMERO que ha oscilado entre 30 y 70 para la mayoría de los sistemas de espectroscopía multifibra contruidos hasta ahora.

PÁRRAFO 16

85. LA UTILIZACIÓN DE LAS FIBRAS ÓPTICAS PARA REALIZAR ESPECTROSCOPIA MULTIOBJETO Y BIDIMENSIONAL tiene OTRA VENTAJA, además de aumentar el rendimiento CON LA OBSERVACIÓN SIMULTÁNEA DE MUCHOS OBJETOS O MUCHAS REGIONES DE UN OBJETO EXTENSO.
86. No olvidemos que LAS OBSERVACIONES realizadas desde la tierra se hacen a través de un medio, la atmósfera, el cual está sujeto a variaciones temporales.
87. ADEMÁS, a lo largo de una exposición el telescopio debe seguir apuntando en la misma dirección, por lo que va alterando su orientación para corregir el efecto

de rotación terrestre y, así, LA OBSERVACIÓN transcurre a través de una zona de atmósfera cambiante.

88. PUES BIEN, cuando utilizamos una configuración con fibras ópticas como las comentadas arriba, todos los objetos o zonas de un objeto extenso SE OBSERVAN BAJO LAS MISMAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS, lo cual facilita el análisis posterior de los resultados.
89. ADEMÁS, la resolución de un espectrógrafo depende directamente de la distribución de intensidades DEL OBJETO en la rendija o entrada del mismo.
90. EN UN ESPECTRÓGRAFO CONVENCIONAL ESTA DISTRIBUCIÓN varía con las condiciones atmosféricas y la estabilidad del guiado del telescopio durante el tiempo que dura la exposición.
91. SIN EMBARGO cuando alimentamos UN ESPECTRÓGRAFO por medio de una fibra óptica, debido al gran número de reflexiones que tienen lugar en su interior, la distribución de intensidad a la salida ofrece un perfil independiente de los factores comentados arriba (condiciones atmosféricas y guiado) y, por tanto permite la observación a resolución constante.

PÁRRAFO 17

92. Para aprovechar ESTAS POSIBILIDADES QUE OFRECEN LAS FIBRAS ÓPTICAS EN ASTROFÍSICA, conocidas a principio de la década de los años ochenta, hay que resolver nuevos problemas de índole práctica, que serán posteriormente analizados.
93. DE MANERA PARALELA se ha ido desarrollando un trabajo básico, orientado a estudiar las propiedades y características de diferentes tipos de fibras con el fin de seleccionar las más adecuadas para ESTA APLICACIÓN.

94. En general, LAS PROPIEDADES EXIGIDAS A LAS FIBRAS PARA SU APLICACIÓN EN ASTROFÍSICA son diferentes de las requeridas en telecomunicaciones.
95. EN AQUÉLLAS resulta muy importante reducir las pérdidas por observaciones internas en bandas espectrales relativamente estrechas mientras que EN ASTROFÍSICA, al emplearse fibras de menor longitud, la transmisión no es el parámetro más crítico.
96. Como veremos hay OTROS FACTORES MÁS RELEVANTES.
97. LAS EMPLEADAS EN ASTROFÍSICA son fibras de sílice, multimodo y con índice de refracción discontinuo, por razones que se verán más adelante.

PÁRRAFO 18

98. El primer problema que surge EN ESPECTROSCOPÍA MULTIOBJETO CON FIBRAS ÓPTICAS es el de colocarlas en las posiciones exactas que ocupan los objetos en el plano focal.
99. Debido a la difracción producida por el telescopio y, sobre todo, al efecto de la atmósfera terrestre, la distribución de intensidad EN EL PLANO FOCAL DE UNA ESTRELLA U OTRO OBJETO NO RESUELTO no es exactamente puntual, sino que cubre una pequeña zona espacial.
100. ESTA PEQUEÑA ZONA donde se encuentra la mayor parte de la intensidad procedente de la estrella, conocida con el nombre de disco de visión («seeing»), tiene unas dimensiones angulares en torno a 1 segundo de arco, lo que implica, para un telescopio estelar típico, unas dimensiones espaciales de unos 0,2 milímetros de diámetro.

PÁRRAFO 19

101. Para evitar que la fibra transmita radiación procedente del fondo del cielo que rodea al objeto, debemos ajustar el diámetro de su núcleo al DEL DISCO DE VISIÓN.
102. ELLO nos obliga a emplear fibras multimodo de unas pocas décimas de milímetro de diámetro.
103. ADEMÁS, EL DIÁMETRO DE LAS FIBRAS debe ser de ESE ORDEN DE MAGNITUD para conseguir la resolución espectral adecuada para la mayoría de las aplicaciones en astronomía.
104. No es fácil acoplar en el plano focal FIBRAS DE ESTE DIÁMETRO.
105. Se exige conocer con precisión las posiciones que ocupan los objetos EN EL PLANO FOCAL y, luego, instalar LAS FIBRAS ÓPTICAS con escasa decenas de micra de error.
106. Imprecisiones en las medidas astrométricas de los objetos, sus posibles movimientos propios, aberraciones producidas por el telescopio, la refracción atmosférica y efectos de dilatación y compresión causados por cambios de temperaturas son algunos de los motivos que pueden atentar contra LA EFICACIA DE ESE ACOPLAMIENTO.

PÁRRAFO 20

107. LOS PRIMEROS SISTEMAS utilizaban una placa metálica, taladrada en las posiciones de las estrellas, conocidas de antemano gracias a una fotografía tomada con el telescopio;

- 108. las fibras ópticas se pegaban EN LA PLACA METÁLICA.
- 109. EL PROCESO resultaba bastante engorroso y muy poco flexible:
- 110. había que repetir TODAS LAS OPERACIONES en cada campo de observar.
- 111. En 1984 Peter Gray, del Observatorio Anglo-australiano, presentó EL SISTEMA FOCAP («FIBER OPTICS COUPLED APERTURE PLATE»).
- 112. EN ESTE SISTEMA se sustituía el pegamento por unos conectores, lo que posibilitaba que el mismo haz de fibras se aprovechara en diferentes campos;
- 113. BASTABA con cambiar las placas metálicas.

PÁRRAFO 21

- 114. Hoy LAS PLACAS se construyen en máquinas guiadas por ordenador, que corrige los efectos de dilatación y comprensión, de aberraciones por la óptica del telescopio y otros.

PÁRRAFO 22

- 115. El sistema MX, presentado en 1986 por John Hill y colaboradores, del Observatorio de Steward, propone una tercera vía para resolver EL PROBLEMA DEL ACOPLAMIENTO DE LAS FIBRAS EN EL PLANO FOCAL.
- 116. ESTE SISTEMA consta de 32 robots independientes para mover y colocar otras tantas fibras ópticas sobre el plano focal del telescopio.

- 117. PROTOTIPOS DE SISTEMAS DE ESTE TIPO manejan simultáneamente del orden de 50 fibras, que colocan en sus posiciones en unos pocos minutos.
- 118. ESTOS SISTEMAS, gracias a su flexibilidad, permiten variar cómodamente el campo de observación y corregir los efectos derivados de una mala astrometría del campo, de movimiento propios, de refracción atmosférica, etcétera.

PÁRRAFO 23

- 119. EL PROBLEMA DE SITUAR LAS FIBRAS EN EL PLANO FOCAL se reduce cuando se realiza espectroscopía simultánea de muchas regiones de un objeto extenso, es decir, espectroscopía bidimensional.
- 120. PARA ESTA APLICACIÓN se construyen haces de fibras con una determinada configuración espacial fija en el extremo que se conecta al PLANO FOCAL DEL TELESCOPIO.
- 121. ESA CONFIGURACIÓN ESPACIAL se suele definir de acuerdo con las características de un conjunto de objetos.
- 122. Para no perder información sobre LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA DE LOS OBJETOS, el muestreo espacial o, en otras palabras, la separación entre fibras colaterales debe ser del orden del radio del disco de visión.
- 123. ESTO obliga a utilizar paquetes compactos de fibras que, para abarcar zonas bidimensionales de suficiente extensión, exigen un número muy elevado de fibras.
- 124. Para conseguir un buen guidado del telescopio durante una exposición, o, en otras palabras, para evitar que la radiación que se propaga por una fibra

provenza de diferentes partes del objeto, se conecta, A TRAVÉS DE HACES COMPACTOS DE FIBRAS, varias estrellas brillantes que aparecen en el plano focal del telescopio con el fotocátodo de un sistema de televisión.

125. Cualquier movimiento relativo ENTRE EL OBJETO EN ESTUDIO Y EL HAZ DE FIBRAS (debido a cambios en el apuntado del telescopio) afecta también a las estrellas brillantes y se traduce en una variación de intensidad en la pantalla de televisión, lo que nos permite corregir la posición del telescopio.

PÁRRAFO 24

126. Una vez introducida la luz EN EL INTERIOR DE LAS FIBRAS, se propaga por el interior de las mismas.
127. Aunque LA CANTIDAD DE LUZ TRANSMITIDA depende de las características de la fibra empleada, suele superar el 90 por ciento para fibras de sílice con longitudes de entre 1 y 10 metros y en rango espectral desde 400 hasta 900 manómetros.
128. Una de las razones por las que LA TRANSMISIÓN RESULTA TAN ALTA es porque los rayos de luz procedentes del telescopio inciden con un ángulo adecuado para que las reflexiones internas sean muy eficientes.
129. MENOR RENDIMIENTO se consigue en la zona más azul del espectro electromagnético y en algunas bandas del infrarrojo.
130. Cuando se opera EN UNO DE ESOS RANGOS ESPECTRALES se eligen fibras que, sacrificando su transmisión en uno de ellos, mejore su comportamiento en el otro.

131. La cantidad de contaminante hidroxilo (OH), empleado en la construcción de LA FIBRA, permite modificar la transmisión EN ESTAS ZONAS.
132. ASÍ las fibras «húmedas» consiguen MEJORES TRANSMISIONES EN EL ULTRAVIOLETA CERCANO;
133. POR TALES se entiende aquellas a las que, durante el proceso de fabricación, se les aumenta la proporción de OH.
134. Como contrapartida, ESTE RADICAL produce unas fuertes bandas de absorción en 950 manómetros.
135. LO CONTRARIO ocurre con las fibras «secas», a las que se disminuye la proporción de OH para mejorar su transmisión en el infrarrojo cercano.

PÁRRAFO 25

136. LA CONEXIÓN ENTRE LA SALIDA DE LA FIBRA Y EL ESPECTRÓGRAFO suele resultar bastante ineficiente.
137. ESTO es debido a que EN EL INTERIOR DE LAS FIBRAS se produce un efecto conocido con el nombre de «degradación de la razón focal».
138. Como consecuencia de ESTE EFECTO, el haz de luz a la salida de la fibra diverge más rápidamente de lo que lo haría si se hubiese propagado en el aire.
139. ESTE EFECTO es más acusado cuando se trabaja con razones focales «lentas» (haces de luz que convergen o divergen lentamente), y se comprende su importancia si tenemos en cuenta que la salida de la fibra se coloca en el foco del primer componente óptico del espectrógrafo, que es una lenta o un espejo colimador.

140. Si LA RAZÓN FOCAL se degrada, las dimensiones de ESTE COMPONENTE deben ser grandes para poder recoger toda la luz, lo que complica el diseño del espectrógrafo.
141. OTRA OPCIÓN es utilizar colimadores de menor distancia focal, pero ESTO dificulta obtener una resolución espectral aceptable.
142. En cualquier caso, el rendimiento global del sistema está en relación inversa con la degradación de LA RAZÓN FOCAL producida por las fibras.
143. Hay muchos factores que influyen en la magnitud de LA DEGRADACIÓN DE LA RAZÓN FOCAL, como el perfil del índice de refracción en la estructura de la fibra, la calidad del pulido de las caras externas, las presiones a las que están sujetas en los bordes, la geometría que adquieren las propias fibras, etc.
144. Porque las fibras de índice de refracción gradual DEGRADAN EN UNA MAYOR PROPORCIÓN LA RAZÓN FOCAL, se prefieren fibras de índice de refracción discontinuo.

PÁRRAFO 26

145. LOS SISTEMAS DE FIBRAS ÓPTICAS han de vencer otro obstáculo: su poca versatilidad a la hora de modificar la configuración de observación.
146. Cuando se realiza espectroscopía bidimensional, interesa poder MODIFICAR LA CONFIGURACIÓN ESPACIAL DE LAS FIBRAS en el plano focal;
147. lo mismo EN ESTE CASO que en espectroscopía multiobjeto conviene poder variar la resolución espectral en función de las características del objeto y las condiciones atmosféricas.

148. El sistema HEXAFLEX, construido en 1989 por José Luis Rasilla, Evencio Mediavilla y el autor de este artículo en el Instituto de Astrofísica de Canarias, para el telescopio de 4.2 metros del Observatorio de Roque de los Muchachos, ofrece una alternativa para aumentar LA VERSATILIDAD DE ESTOS SISTEMAS.
149. EL SISTEMA consta de tres haces de 61 fibras, cada uno definido para diferentes aplicaciones.
150. El acoplamiento entre LOS HACES DE FIBRAS Y EL ESPECTRÓGRAFO es tal que pueden ser intercambiados, por lo que es posible modificar el modo de observación (multiobjeto/bidimensional) y la resolución espacial y espectral de manera rápida y estable.

PÁRRAFO 27

151. Los resultados obtenidos hasta la fecha con ESPECTRÓGRAFOS EQUIPADOS CON FIBRAS ÓPTICAS Y DESTINADOS A LA ESPECTROSCOPIA MULTIOBJETO O BIDIMENSIONAL han sido prometedores.
152. Baste UN PAR DE EJEMPLOS.
153. En 1989, un grupo de astrónomos del Observatorio Europeo del Hemisferio Sur (ESO) realizaron ESPECTROSCOPIA DE MÁS DE 700 GALAXIAS en el corto espacio de cuatro noches.
154. PARA ELLO UTILIZARON el sistema OCTOPUS, diseñado para realizar espectroscopía multiobjeto y equipado con 52 fibras, y cuya última versión fue presentada en 1989 por Gerardo Avila, de ESO.

155. En 1990, y utilizando el sistema HEXAFLEX, hemos registrado en sólo una noche MÁS DE 600 ESPECTROS correspondientes a diferentes zonas de un grupo de tres galaxias.
156. Para acometer ESTE TIPO DE OBSERVACIONES con instrumentos convencionales hubiera sido necesario un factor entre 10 y 20 veces más de tiempo de observación, estando más expuestos a inestabilidades e inhomogeneidades de todo tipo.

PÁRRAFO 28

157. GANANCIA TAN ALTA aparece sólo cuando los objetos de interés se agrupan de forma adecuada en el plano focal, o cuando se desea realizar espectroscopía bidimensional de objetos que tienen un cierto rango de tamaño.
158. FUERA DE ESTAS SITUACIONES la espectroscopía óptica con sistemas de fibras puede resultar menos rentable que la realizada con espectrógrafos tradicionales.
159. La observación de un objeto puntual resulta más eficiente con los sistemas habituales que recurriendo A LAS FIBRAS.
160. LO MISMO sucede con objetos extensos, si no se requiere información bidimensional.

PÁRRAFO 29

161. Son muchos los programas que se benefician ya del uso de ESPECTRÓGRAFOS EQUIPADOS CON FIBRAS, gracias a los cuales se acometen observacio-

nes impensables hace pocos años por su elevadísimo coste en tiempo de observación:

162. mediciones sistemáticas de corrimiento al rojo cosmológico en cúmulos de galaxias, abundancias químicas de estrellas pertenecientes a cúmulos globulares, medidas de velocidades y parámetros físicos en la zona más interna de galaxias activas y cuásares, son EJEMPLOS DE PROGRAMAS para los que los sistemas multifibra parecen la mejor opción.

PÁRRAFO 30

163. El futuro de ESTOS INSTRUMENTOS resulta prometedor.
164. EN PRIMER LUGAR son continuos LOS PROGRESOS para superar los problemas derivados del acoplamiento de las fibras en el plano focal, así como los orientados a evitar los efectos de la degradación de la razón focal.
165. El desarrollo de detectores bidimensionales CCD («Charged Coupled Device») de gran formato puede aumentar por un factor 2 0 3 el número de fibras adaptables a ESTOS SISTEMAS.
166. A ESTO hay que unir la construcción de espectrógrafos de nuevo diseño, capaces de admitir ESTE MAYOR NÚMERO DE FIBRAS.
167. El diseño de grandes telescopios para su empleo específico con fibras ópticas constituye OTRA REALIDAD.
168. La óptica de ESTOS TELESCOPIOS está optimizada para seguir un gran campo de visión exento de aberraciones y escalas lineales del plano focal adecuadas para su utilización con fibras.

169. EL TELESCOPIO DE RASTREO ESPECTROSCÓPICO SST («ESPECTROSCOPIC SURVEY TELESCOPE»), propuesto en 1988 por Lawrence Ramsey, se enmarca EN ESTE CONTEXTO.

PÁRRAFO 31

170. OTRAS APLICACIONES DE LAS FIBRAS EN ASTROFÍSICA - pensemos en su uso en fotometría e interferometría visible o espectrometría infrarroja -, pueden revestir también gran interés en un futuro no muy lejano.
171. EN EL ÁMBITO DE LA INTERFEROMETRÍA EN EL RANGO VISIBLE, las fibras ópticas ofrecen la posibilidad de combinar coherentemente la luz recogida por un conjunto de pequeños telescopios;
172. se emplean fibras monomodo, con un núcleo de diámetro entre 4 y 10 micras, que puede ser del orden del tamaño del disco de visión cuando se trabaja CON TELESCOPIOS DE PEQUEÑA APERTURA.

PÁRRAFO 32

173. EN FOTOMETRÍA ASTRONÓMICA A TRAVÉS DE FIBRAS ÓPTICAS, la idea es similar a la que subyace en espectroscopía multiobjeto:
174. LAS FIBRAS transportan la luz de los objetos de interés desde el plano focal del telescopio a la entrada de un fotómetro equipado con varios detectores o con un detector bidimensional.
175. PERO EN ESTE CASO pueden utilizarse las dos dimensiones del detector para distribuir LOS OBJETOS;

176. GRACIAS A ELLO, EL NÚMERO DE OBJETOS que pueden observarse simultáneamente es elevadísimo.
177. PERO ESTA APLICACIÓN tiene un inconveniente: la baja calidad fotométrica de las fibras ópticas.
178. Las variaciones en la configuración geométrica de LAS FIBRAS, tensiones sobre las mismas y, sobre todo, variaciones de la posición de la imagen del objeto sobre el núcleo atentan contra EL RENDIMIENTO DE LA TRANSMISIÓN.

PÁRRAFO 33

179. POR ÚLTIMO, la posibilidad de aplicar LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS DESARROLLADAS en el rango visible en el infrarrojo cercano constituye ya una realidad gracias a los detectores bidimensionales sensibles en esta región del espectro electromagnético.
180. SE HAN DESARROLLADO fibras de fluoruro de circonio y vidrios calcogénidos de una altísima transmisión de hasta 4 micras, con aceptables niveles de flexibilidad.
181. La necesidad o no de enfriar LAS FIBRAS, la forma de minimizar LA RADIA-CIÓN INFRARROJA DE FONDO y otros problemas permanecen abiertos a la investigación.

ANEXO 12

CÉLULAS SOLARES MUY EFICIENTES

0. En el laboratorio se ha conseguido hasta UN 35 POR CIENTO DE RENDIMIENTO en la conversión de energía solar en eléctrica, cifra que triplica la eficiencia media de LAS CÉLULAS SOLARES comerciales y aumenta su rentabilidad.
1. Aunque la atención pública sobre LA ENERGÍA SOLAR no es hoy la que era tras la primera crisis de la energía, en 1973, la realidad es que en los últimos cinco años se han producido avances científicos que nos hacen contemplar con optimismo las posibilidades de llegar un día, no lejano, a obtener del sol una parte importante de la electricidad que consumimos.

PÁRRAFO 2

2. LA ELECTRICIDAD FOTOVOLTAICA DE ORIGEN SOLAR es inocua para el entorno.
3. LAS EMISIONES DE CO₂ Y DEMÁS GASES NOCIVOS OSCILAN ENTRE EL 1 % Y EL 30 % de las que despide una central moderna de carbón, teniendo en cuenta en todos los casos las operaciones de extracción, construcción y explotación.
4. A DIFERENCIA DE LOS OTROS MÉTODOS DE GENERACIÓN, LAS CÉLULAS SOLARES no necesitan agua para refrigeración, lo que reviste su interés en países secos como España.

5. El desecho sólido, producido tan sólo al dismantelarLAS una vez terminado su largo ciclo de vida (las células solares son virtualmente eternas), está constituido básicamente por chatarra de hierro y vidrio, y es menor que los residuos de baja radiactividad de una central nuclear que haya generado la misma electricidad.

PÁRRAFO 3

6. Ya hoy LA ELECTRICIDAD FOTOVOLTAICA es rentable en muchas aplicaciones en las que se requiere un consumo reducido en un lugar remoto;
7. CASOS TÍPICOS son los generadores eléctricos a bordo de los satélites artificiales y las instalaciones rurales en países en vías de desarrollo, aplicación esta última cuyo contenido social excede en mucho a su relevancia energética.
8. SIN EMBARGO, el reto sigue siendo abaratar ESTA ENERGÍA, aun cuando se ha avanzado mucho ya en ese sentido:
9. hoy ES unas siete veces más barata que hace veinte años, pero todavía hay que abaratarla entre dos y cuatro veces para que sea rentable en competencia con otras fuentes convencionales.
10. (O quizá, tan sólo, esperar que ÉSTAS suban de precio).

PÁRRAFO 4

11. Desde la primera crisis de la energía ha habido una saludable competencia entre dos concepciones sobre cómo lograr ESTE ABARATAMIENTO:

12. LOS QUE ABOGABAN POR UNA CÉLULAS SOLARES «ECONÓMICAS», con capas delgadas de un semiconductor estructuralmente poco perfecto y bajo coste por metro cuadrado, y QUIENES INSISTÍAN EN LA RENTABILIDAD DE LAS BUENAS CÉLULAS, aun cuando se usaran lentes o espejo, más baratos, para recoger la energía luminosa.

PÁRRAFO 5

13. En estos últimos cinco años se ha experimentado logros muy importantes en la consecución de ALTOS RENDIMIENTOS, algunos de ellos, como en el caso del silicio cristalino, por encima de expectativas más optimistas.
14. En este artículo nos vamos a ocupar exclusivamente de ESTAS CÉLULAS DE ALTO RENDIMIENTO.

PÁRRAFO 6

15. LAS CÉLULAS SOLARES se fabrican con material semiconductor, frecuentemente silicio.
16. Para estudiar LOS SEMICONDUCTORES es corriente hacer uso de un diagrama de bandas.
17. Se compone de TRES: la de valencia la prohibida y la banda de conducción.
18. El rango de energías de LA BANDA DE VALENCIA corresponde a las que tienen los electrones de valencia, es decir, los ligados a los átomos.
19. ESTOS ELECTRONES no poseen una energía fija, como en los átomos aislados, sino que presentan energía en todo el rango de dicha banda.

20. Como, en principio, no le falta al semiconductor ningún electrón de valencia, se dice que ESTA BANDA está llena, en el sentido de que no podemos introducir en ella ningún electrón adicional.

PÁRRAFO 7

21. LA BANDA DE CONDUCCIÓN está, en principio, vacía de electrones.
22. PERO si se arranca de su enlace un electrón de valencia, adquiere entonces una energía que lo sitúa dentro de ESA BANDA.

PÁRRAFO 8

23. Entre LA BANDA DE VALENCIA, que ocupa en el diagrama la parte inferior, Y LA DE CONDUCCIÓN, que se extiende en el tramo superior, hallamos la banda prohibida.
24. EN ÉSTA no se puede encontrar jamás (salvo excepciones que no vienen ahora al caso) ningún electrón, y cuya anchura, E_g , es una característica del semiconductor en cuestión.

PÁRRAFO 9

25. Por distintas causas puede haber electrones en LA BANDA DE CONDUCCIÓN.
26. LA MÁS FRECUENTE es que hayamos añadido cierta cantidad de impurezas llamadas donadoras, variable, entre 10^{12} y 5×10^{22} átomos por centímetro cúbico.

- 27. ESTAS IMPUREZAS, O DOPADO DEL MATERIAL introducen alguno de sus electrones en la banda de conducción.
- 28. AQUÍ, los electrones pueden moverse con entera libertad;
- 29. en determinadas circunstancias SU MOVIMIENTO produce una corriente eléctrica.
- 30. LOS SEMICONDUCTORES CON ABUNDANTES ÁTOMOS DONADORES, por ello buenos conductores de la electricidad, se llaman de tipo N.
- 31. (LOS ELECTRONES portan carga negativa)

PÁRRAFO 10

- 32. Otras impurezas, llamadas aceptadores (o aceptadoras), capturan UN ELECTRÓN de la banda de valencia y dejan en ella un hueco vacío de electrón:
- 33. ESTOS HUECOS se comportan como partículas dotadas de carga positiva que, en valor absoluto, es igual a la del electrón.
- 34. LOS HUECOS DE LA BANDA DE VALENCIA son también móviles, como los electrones de la banda de conducción.
- 35. Los semiconductores que conduce POR HUECOS se llaman de tipo P.

PÁRRAFO 11

- 36. LA MAYORÍA DE LOS DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES, la célula solar entre ellos, están constituidos por nanocristales semiconductores en los que se introducen donadores y aceptadores de manera desigual.

37. La estructura fundamental de UNA CÉLULA consta de base y emisores.
38. Consiste LA PRIMERA en una región central más o menos ancha, poco dopada, que se sitúa entre dos emisores, que son regiones superficiales, muy dopadas y con donadores y aceptadores, respectivamente.
39. Decimos que ES una estructura N^+PP^{++}
40. (PUEDE TAMBIÉN SER P^+IP^+ , donde la letra I designa una región sin dopaje apreciable, llamada intrínseca.)

PÁRRAFO 12

41. El diagrama de bandas de UNA CÉLULA SOLAR N^+PP^+ , en equilibrio térmico (es decir en oscuridad y sin que le hurguemos), presenta un nivel de energía llamado de Fermi.
42. EL NIVEL DE FERMI es horizontal, en tanto que las bandas, es decir, el límite superior de la de conducción y el inferior de la de valencia, adquieren relieves; sí se mantiene por doquier constante, igual a E_g , la separación entre ambas bandas.

PÁRRAFO 13

43. EL NIVEL DE FERMI define el potencial electroquímico de los electrones en el semiconductor.
44. LOS ELECTRONES fluyen siempre del nivel más alto al más bajo, por cuya razón en un semiconductor en equilibrio el nivel de Fermi ha de ser horizontal.

45. DESDE OTRO PUNTO DE VISTA, ESTE NIVEL cifra la cantidad de electrones y huecos que hay en cada lugar del semiconductor:
46. si SE ENCUENTRA cerca de la banda de conducción o dentro de la misma, entonces EL SEMICONDUCTOR tiene una alta densidad n de electrones (medida en electrones por centímetro cúbico), como ocurre en la región N^+ ;
47. si ESTÁ cerca de la banda de valencia, TIENE una alta densidad p de huecos, como en la región P^+ .

PÁRRAFO 14

48. Para que EL NIVEL DE FERMI esté cerca de la banda de conducción, como ocurre en una región N , debe estar, eso es obvio, lejos de la de valencia;
49. POR ESO, EN ESTAS REGIONES hay muy pocos huecos.
50. En equilibrio térmico, el producto np es constante en todo el semiconductor, SEA LA REGIÓN N O P .

PÁRRAFO 15

51. Cuando EL SEMICONDUCTOR se ilumina, los fotones de la luz solar pueden romper los enlaces, bombeando electrones desde la banda de valencia hasta la de conducción y generando así abundantes pares electrón-hueco.
52. EL FENÓMENO provoca la aparición de dos niveles de Fermi diferentes, que ahora se llaman pseudoniveles de Fermi, uno para los electrones y otro para los huecos, y en vecindad respectiva de la banda de conducción y de valencia.

- 53. EL PRODUCTO NP es ahora mayor que en equilibrio.
- 54. LOS PSEUDONIVELES DE FERMI ya no son estrictamente horizontales.
- 55. ESTO es una consecuencia de que el semiconductor no se halla ya en equilibrio, pues los electrones y huecos se mueven con velocidades proporcionales a las pendientes.
- 56. Las corrientes son TAMBIÉN proporcionales a la densidad de ELECTRONES O HUECOS.
- 57. POR ELLO, si LAS CORRIENTES son moderadas, LAS PENDIENTES de los pseudoniveles son pequeñas en regiones con alta densidad de electrones o huecos.

PÁRRAFO 16

58. ¿Cómo funciona UNA CÉLULA SOLAR?

- 59. Todos saben que se trata de UN DISPOSITIVO que, bajo iluminación suministra corriente.
- 60. La luz produce en ÉL numerosas generaciones de pares electrón-hueco.
- 61. MUCHOS DE ESTOS PARES se recombinan y los electrones caen de nuevo en la banda de valencia.
- 62. Una sencilla cuenta de balance establece que la corriente eléctrica de huecos, entregada al circuito exterior, que iguala al flujo de electrones que retorna al semiconductor, es la diferencia entre GENERADORES Y RECOMBINACIONES que se producen por segundo en todo el semiconductor.

63. (EN REALIDAD hay que multiplicar ESAS DIFERENCIAS por la carga del electrón, si se quiere tener la igualdad correctamente escrita.)
64. Es evidente que reducir LAS RECOMBINACIONES es una regla adecuada para aumentar la calidad de la célula solar.

PÁRRAFO 17

65. MÁS, para tener UNA BUENA CÉLULA, se requiere que, además de suministrar corriente, lo haga bajo un determinado voltaje, necesario para producir potencia eléctrica (que es precisamente el producto de la corriente por el voltaje).

PÁRRAFO 18

66. EN UNA CÉLULA SOLAR aparecen, lo hemos visto, relieves en las bandas de valencia y conducción.
67. ESTOS RELIEVES son, EN REALIDAD, diferencias de energía potencial entre distintos puntos de LA MISMA.
68. EN LA CÉLULA EN EQUILIBRIO LAS DIFERENCIAS DE ENERGÍA POTENCIAL se compensan con otras que aparecen entre el semiconductor y el metal de los electrones, y que son invariables con la iluminación.
69. EN RESUMEN, EN UNA CÉLULA SOLAR EN EQUILIBRIO no aparece ningún voltaje entre sus electrodos exteriores.
70. No HUBIERA PODIDO SER DE OTRO MODO sin violar los principios de la termodinámica.

PÁRRAFO 19

71. EN LA CÉLULA SOLAR, el contacto con los electrodos metálicos se hace sobre emisores N^+ y P^+ fuertemente dopados.
72. Cumplen ESAS REGIONES FUERTEMENTE DOPADAS una propiedad interesante:
73. la diferencia de energías entre el límite de la banda y el pseudo-nivel de Fermi de portadores mayoritarios (banda de conducción y pseudonivel de electrones, EN EMISORES N^+ , banda de valencia y pseudonivel de huecos EN EMISORES P^+) es fija e inalterable por la iluminación.

PÁRRAFO 20

74. Al separarse LOS PSEUDONIVELES por efecto de la iluminación, arrastran consigo modificaciones en la posición de las bandas, de cuantía igual a la separación entre pseudoniveles, lo que se traduce en una disminución de los relieves de las bandas que causan la aparición de un desequilibrio de los potenciales del sistema completo célula-metales y, en consecuencia, la creación de un voltaje exterior entre los electrodos de la célula solar.

PÁRRAFO 21

75. ¿Qué es, PUES, lo indispensable para construir UNA BUENA CÉLULA SOLAR?
76. UN SEMICONDUCTOR poco recombinante con una región que absorba los fotones, en cuya superficie se sitúen dos regiones P^+ y N^+ , sobre las que se coloque los electrodos exteriores.

77. No es imprescindible LA REGIÓN CENTRAL P:
78. LA PROPIA REGIÓN P⁺ puede formar la base.
79. TAMPOCO es estrictamente necesario que LAS REGIONES P⁺ Y N⁺ estén situadas en las caras opuestas de la célula.

PÁRRAFO 22

80. Cuanto más se separen los pseudoniveles de Fermi, tanto más voltaje aparecerá entre los electrodos de LA CÉLULA, con el incremento consiguiente del producto np.
81. Puesto que las recombinaciones requieren que choquen ELECTRÓN CON HUECO, a mayor número de ambos más recombinaciones.
82. DE ELLO se deduce que LA TASA DE RECOMBINACIONES crece con el voltaje que aparece en la célula.
83. POR TANTO, EN UNA CÉLULA SOLAR a iluminación (y tasa de generaciones) constante la corriente extraída decrece con el voltaje;
84. A VOLTAJE NULO, conseguido conectando un hilo metálico entre los dos electrodos de LA CÉLULA (condición de cortocircuito), se producen menos recombinaciones por segundo que generaciones por segundo y la corriente casi iguala a estas últimas;
85. EN UNA CÉLULA DE SILICIO iluminada por una potencia luminosa como la solar, de 0,1 watts por centímetro cuadrado, LA CORRIENTE TÍPICA DE CORTOCIRCUITO QUE CIRCULA POR EL HILO es de 35-40 miliampère por cada centímetro cuadrado de célula.

PÁRRAFO 23

86. Cuando se desconecta EL HILO, impidiendo que fluya CORRIENTE AL EXTERIOR DE LA CÉLULA (condición del circuito abierto), las generaciones deben igualar a las recombinaciones.
87. ESTO sólo se consigue con elevados valores del producto np , que implican una separación de los pseudoniveles de Fermi y, con ello la aparición de un voltaje entre los electrodos (voltaje de circuito abierto).
88. VOLTAGE que en una célula de silicio en las condiciones de iluminación antes mencionada viene a ser del orden 600-640 milivolts.
89. Existe una amplia variedad de CASOS INTERMEDIOS, que resultan de la conexión de resistencias de diferentes valores en el circuito exterior, caracterizados por valores del voltaje y la corriente (cuyo cociente ha de ser la resistencia conectada), dando lugar así a la curva corriente-voltaje de utilización de célula solar.

PÁRRAFO 24

90. La potencia eléctrica extraída de LAS CÉLULAS SOLARES es igual, recordemos, al producto de la corriente por el voltaje.
91. Hay un valor máximo de ESA POTENCIA (correspondiente a una resistencia de carga óptima) que define a una situación intermedia en el que las recombinaciones son del orden del 5 al 10 por ciento de las generaciones, reduciéndose la corriente en este valor y alcanzando voltajes de 50 a 100 millivolts menos de los que se producen en circuito abierto.

92. El rendimiento de una célula solar se determina EN ESTE PUNTO DE MÁXIMO POTENCIA (PMP):
93. SE DEFINE como el cociente de esta potencia eléctrica y la luminosa que incide sobre la célula.

PÁRRAFO 25

94. Cuando aumenta LA POTENCIA LUMINOSA lo hace el número de fotones y la tasa de generaciones.
95. Crece, ASIMISMO, LA CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA Y EL VOLTAJE.
96. EN EFECTO, al haber MÁS GENERACIONES se producen más recombinaciones y, con ello, más separación de los pseudoniveles de Fermi;
97. resulta ASÍ que el rendimiento aumenta con LA POTENCIA LUMINOSA: de aquí el interés en trabajar con luz concentrada.

PÁRRAFO 26

98. **¿Cuáles son las limitaciones fundamentales de RENDIMIENTO DE UNA CÉLULA SOLAR?**
99. EN PRIMER LUGAR EL PROPIO DIAGRAMA DE BANDAS.
100. Cuando un fotón incide sobre LA CÉLULA, pueden ocurrir dos cosas: que el fotón no posea energía suficiente para bombear un electrón de la banda de valencia a la de conducción (fotones débiles), en cuyo caso el semiconductor

es transparente a dicho fotón, y su energía se pierde o bien que posea una energía superior a la separación E_g de las bandas de valencia y conducción, en cuyo caso se absorbe, desaparece y genera un par electrón-hueco muy en el interior de las mismas (fotones fuertes).

101. PERO EL ELECTRÓN desciende rápidamente a través del diagrama de bandas, hasta situarse próximo a su superficie;
102. EN AMBOS CASOS se produce energía térmica.
103. DE ESTE MODO, el exceso sobre E_g de la energía del fotón se convierte en calor y no puede recuperarse en forma de energía eléctrica.
104. SÓLO LOS FOTONES DE ENERGÍA MUY PRÓXIMA A E_g pueden aprovecharse razonablemente bien.

PÁRRAFO 27

105. NO PUEDE APROVECHARSE TODA LA ENERGÍA DE LA BANDA PROHIBIDA E_g : sólo la energía potencial correspondiente al voltaje con que la célula cede, en forma de corriente, este par electrón-hueco al circuito exterior.
106. (ENERGÍAS Y VOLTAJES se expresan con los mismos valores cuando las energías se miden en electrovolts -ev- y los voltajes en volts.)

PÁRRAFO 28

107. Para incrementar EL VOLTAJE conviene aumentar las generaciones mediante concentración de luz incidente, y, luego, reducir las recombinaciones hasta forzar la mayor separación de pseudoniveles de Fermi para una corriente dada.

108. LO PRIMERO tiene una limitación fundamental:
109. LA MÁXIMA POTENCIA LUMINOSA QUE SE PUEDE CONSEGUIR EN LA TIERRA es la misma que encontramos en la fotosfera solar, unas 50.000 Veces la potencia luminosa que incide sobre nuestro planeta.
110. El grupo de Roland Winston, de la Universidad de Chicago, acaba de anunciar CONCENTRACIONES DE 84.000x (el signo x se usa para indicar que es una potencia luminosa 84.000 veces mayor que la estándar, sin concentración de o, 1 watt por centímetro cuadrado) dentro de zafiro.
111. ESE VALOR es sólo alcanzable en el interior de un medio de alto índice de refracción n , en cuyo caso ese límite de 50.000 puede multiplicarse por n^2 ;
112. ES DECIR, para el zafiro EL LÍMITE es de 180.000x.

PÁRRAFO 29

113. Para reducir LAS RECOMBINACIONES hay que atacar la causa de las mismas.
114. Existe, SIN EMBARGO, UN TIPO DE RECOMBINACIÓN, la radiativa, que es inevitable porque constituye el mecanismo inverso a la absorción de fotones por el semiconductor.
115. SEGÚN ESTE MECANISMO, cuando chocan un electrón y un hueco se les ofrece cierta probabilidad de restablecer el enlace, cayendo el electrón en la banda de valencia y haciendo desaparecer el hueco de ella.
116. La energía liberada EN ESTE PROCESO se usa en la creación de un fotón con energía próxima a E_g .

117. ESTE FOTÓN puede ser absorbido a continuación, generando de nuevo el par electrón-hueco.
118. AHORA BIEN, si EL FOTÓN se ha creado cerca de la superficie del semiconductor, puede escapar del mismo, y la recombinación resulta definitiva.
119. CON ESTE CRITERIO, Hans Queisser y el premio Nobel William Shockley, por aquel entonces en la compañía Transistor Shockley de Palo Alto, determinaron en 1960 el voltaje y rendimiento máximos que se podía alcanzar en una célula solar.
120. REQUERIRÍA desde luego que trabajase a la máxima concentración alcanzable, antes mencionada.

PÁRRAFO 30

121. En nuestro equipo del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid nos ocupamos entre otras cosas, de estudiar cómo acoplar la radiación luminosa a las células solares.
122. Siguiendo ESTA LÍNEA DE TRABAJO, Gerardo L. Araujo y Antonio Martí han añadido OTRA CONDICIÓN para alcanzar el límite de rendimiento:
123. mediante un sistema óptico apropiado, ASEGURARSE DE QUE TODOS LOS FOTONES EMITIDOS VAN A SER REENVIADOS AL SOL, no permitiendo, como lo hicieron Queisser y Shockley, su remisión hacia partes oscuras del universo.
124. EL LÍMITE DE RENDIMIENTO se eleva ASÍ un poco.

- 125. EN PARTICULAR, EL LÍMITE DE RENDIMIENTO es del 44 por ciento para una célula solar con E_g de 1,1 electronvolt
- 126. (el silicio tiene ESTE E_g).
- 127. CÉLULAS CON MENOR E_g no consiguen voltajes suficientes;
- 128. CON MAYOR E_g capturan, POR CONTRA, menos fotones y presentan corrientes demasiado bajas.

PÁRRAFO 31

- 129. Si ESE RENDIMIENTO nos parece bajo no hay que desesperar.
- 130. Podemos aceptarLO como el límite de rendimiento de una célula solar única, pero no como el del efecto fotovoltaico en su conjunto.

PÁRRAFO 32

- 131. La causa principal de pérdida de RENDIMIENTO radica en que sólo se aprovechan bien los fotones con energía próxima a E_g .
- 132. Para evitar ESE DERROCHE se fabrican múltiples células solares de materiales diferentes, cada una con su propio valor de E_g .
- 133. LAS recubrimos, una a una, con un filtro óptico que deje pasar sólo los fotones con energías próximas a su banda prohibida y refleje los otros.

134. TODAS ESTAS CÉLULAS pueden colocarse entonces en una cavidad, por ejemplo una esfera hueca, donde penetre la luz, concentrada al máximo, a través de un agujero o pupila de entrada.
135. Los fotones que no pueden entrar EN UNA CÉLULA por causa del filtro son reflejados por éste y terminan introduciéndose en la célula apropiada, ya que encontrar la salida de la cavidad les resulta más difícil.
136. PARA ELLO, es necesario que EL ÁREA DE CUALQUIER CÉLULA DEL CONJUNTO sea mucho mayor que la de la citada pupila de entrada.
137. Hay que disponer ADEMÁS de SUFICIENTES CÉLULAS para que cualquier fotón del espectro solar encuentre su célula adecuada.

PÁRRAFO 33

138. La cavidad o esfera hueca reenvía, hacia CADA CÉLULA, muchos de los fotones que se escapan de la propia célula, producidos por la recombinación radiactiva.
139. LOS CONTADOS QUE ESCAPAN DE LA CAVIDAD tornan directamente al sol por el sistema óptico, sin perderse en ninguna otra parte del universo.
140. EL RENDIMIENTO GLOBAL, sumando la potencia eléctrica obtenida de cada célula, es muy elevado: del 86,5 por ciento, según los cálculos de Araujo y Martí.

PÁRRAFO 34

141. Sabido es que el ciclo reversible de Carnot, así llamado en honor del físico francés Sadi Carnot, se aplica al comportamiento del gas en una máquina térmica.
142. (CONSTA de cuatro etapas - compresión adiabática, expansión isotérmica, expansión adiabática y compresión isotérmica- en su restablecimiento de la presión, volumen y temperatura de partida.)
143. Si se considera EL CICLO TERMODINÁMICO DE CARNOT que da lugar al máximo de rendimiento, aplicado al caso de un depósito de calor constituido por los fotones de la fotosfera solar, a 5487 grados C, y un segundo depósito el cristal semiconductor, a la temperatura ambiente de 27 grados C, nos da un rendimiento del 94,7 por ciento.
144. Ocurre, SIN EMBARGO, que LOS FOTONES, en flujo continuo, no constituyen EL DEPÓSITO CALIENTE necesario para ESE CICLO DE CARNOT.
145. Varios autores han demostrado que EL MAYOR RENDIMIENTO ALCANZABLE CON LOS FOTONES DEL SOL, independiente del dispositivo que se usa para extraer de ellos energía útil, coincide con el obtenido por Araujo y Martí.
146. LO QUE nos afianza en la seguridad de que EL DISPOSITIVO PROPUGNADO constituye un conversor ideal de energía solar.

PÁRRAFO 35

147. Por complicados que sean ESTOS ARTILUGIOS IDEALES, siempre nos sugieren algunas ideas prácticas.

148. Fraas y sus colegas en el centro de alta tecnología de la compañía Boeing, en Seattle, han desarrollado DOS CÉLULAS SOLARES DE ARSENIURO DE GALIO (ASGA) Y DE ANTIMONIURO DE GALIO (SBGA), DE VALORES RESPECTIVOS DE EG 1,4 Y 0,7 ELECTRONVOLTS;
149. LAS han colocado una debajo de la otra.
150. Muchos de los fotones débiles que no son absorbidos por EL ASGA pasan al SBGA donde, al ser fuertes, si se absorben.
151. LA IDEA no es nueva, pero el rendimiento obtenido por Fraas y colegas llega al 35 %, el máximo, según mis datos alcanzando hasta ahora (1991).

PÁRRAFO 36

152. EN EL MISMO ORDEN DE COSAS, Olson y sus colaboradores, del Instituto de Investigación de Energía Solar de Golden, han desarrollado una célula de fosfuro de galio e indio ($P_2 GaIn$), con E_g alrededor de 1,9 electronvolts, crecida sobre una de AsGa ($E_g = 1,4$ electronvolt), que ha dado rendimiento conjunto de 27,3 por ciento sin concentración, el mayor conseguido hasta ahora en estas condiciones.
153. Aunque subsisten problemas para usar ESTA CÉLULA en concentración, quizá combinando estas dos células con una de SbGa, la una debajo de las otras, se llegue pronto al 40 por ciento.

PÁRRAFO 37

154. ESTAS ESTRUCTURAS son muy complejas y caras, incluso para utilizarlas en concentración.

155. No puede descartarse que se consiga un abaratamiento de LAS MISMAS, pero el uso de las células de silicio, económicas y con una industria muy desarrollada, está probablemente más próximo.
156. ¿Cuál es el rendimiento que se puede alcanzar CON ESTE MATERIAL?
157. A la respuesta de ESTA PREGUNTA vamos a dedicar ahora algún espacio.

PÁRRAFO 38

158. EL SILICIO es un material algo singular, comparado con los otros semiconductores de que hemos hablado, pues es un semiconductor de banda prohibida indirecta y absorbe poco la luz.
159. EN CONTRAPARTIDA, la recombinación radiactiva es, EN ÉL, débil;
160. PERO ESTO, más que ser una ventaja, es un inconveniente ya que nos hace temer que otras recombinaciones por naturaleza, van a ser dominantes.

PÁRRAFO 39

161. EN PARTICULAR hay que hacer mención de LA RECOMBINACIÓN AUGER, que es inevitable en los semiconductores de banda prohibida indirecta.
162. IMPORTA TAMBIÉN en los de banda prohibida directa como el AsGa, pero en estos casos es susceptible de reducción.
163. LA RECOMBINACIÓN AUGER consiste en la caída de un electrón en la banda de valencia -si allí encuentra un hueco-cediendo su energía a otro electrón o a otro hueco que anduvieren cerca.

164. ESTE PROCESO pone en juego tres partículas, y la probabilidad de que ocurra es proporcional a pn^2 o a np^2 ;
165. ES DECIR, sólo COBRA importancia cuando los electrones o los huecos son respectivamente muy abundantes.
166. ESTO ocurre en las regiones N^+ o en las P^+ , y también en otras regiones menos dopadas cuando, debido a la fuerte iluminación, hay muchos electrones y huecos fotogenerados.
167. Para células que no trabajan en concentración, donde no se cumple LA CONDICIÓN MENCIONADA, existe un dopaje óptimo de base (aunque su origen está sujeto a controversia) que determina cuándo esta recombinación es más favorable:
168. SE HALLA en torno a los 10^{17} átomos donadores o aceptadores por centímetro cúbico.
169. EN VIRTUD DE ELLO, el volumen de las regiones fuertemente dopadas de los emisores, con dopajes en el rango de 10^{18} - 10^{20} átomos dopantes por centímetro cúbico deben reducirse al máximo.

PÁRRAFO 40

170. PERO no es ÉSTE el único mecanismo de recombinación.
171. EL MÁS COMÚN es el descrito en 1952 por Shockley, Read y Hall, que establece que ciertas impurezas o imperfecciones en el semiconductor actúan como trampas o centros de recombinación.

172. En una región N los electrones llegan a LAS TRAMPAS, son capturados y les ceden su energía en forma de vibración (que luego se convierte en calor).
173. ESTAS TRAMPAS quedan activadas y, cuando un hueco aparece cercano, depositan allí el electrón retenido, cediendo la nueva energía del proceso en forma de vibración.
174. LA TRAMPA queda desactivada.
175. PERO SE VUELVE A ACTIVAR de inmediato.
176. La probabilidad de que ESTA RECOMBINACIÓN se produzca es proporcional, simplemente, a la densidad de huecos p.
177. POR RAZONES SIMILARES, la probabilidad de RECOMBINACIÓN en una región P es proporcional a n.
178. ESTA RECOMBINACIÓN es TAMBIÉN proporcional a la densidad de trampas;
179. rebajando ÉSTA, disminuye TAMBIÉN LA RECOMBINACIÓN.

PÁRRAFO 41

180. En el silicio de la más alta calidad disponible hoy día, ESTA RECOMBINACIÓN, en otros casos dominante, es muy baja.
181. AHORA BIEN, las superficies donde se produce una ruptura abrupta de la estructura cristalina son eficacísimas de zonas del MECANISMO DE RECOMBINACIÓN DESCRITO POR SCHOCKLEY, READ Y HALL.

182. Es verdad que recubriendo el silicio con óxido de silicio DICHA RECOMBINACIÓN se puede evitar en buena parte;
183. se habla ENTONCES de «pasivar» LA SUPERFICIE.
184. En las capas metálicas de contacto, LA RECOMBINACIÓN es altísima;
185. POR ELLO conviene reducir al máximo LA SUPERFICIE DE CONTACTO DE LOS ELECTRODOS CON EL METAL.

PÁRRAFO 42

186. Para limitar LA RECOMBINACIÓN EN LAS SUPERFICIES, EN CONTACTO O NO CON METAL, se las recubre con capas fuertemente dopadas de semiconductor, reduciendo así las densidades de portadores minoritarios-electrones en las regiones P^+ y huecos en las N^+ junto a las superficies.
187. Cuando hay METAL EN LA SUPERFICIE ESTA OPCIÓN es obvia y proporciona una justificación adicional de su uso para establecer contactos.
188. Si LA SUPERFICIE está cubierta de un pasivante (óxido de silicio sobre silicio) podría resultar peor el remedio que la enfermedad, al añadir la recombinación Auger de esta capa fuertemente dopada.

PÁRRAFO 43

189. Ha llegado el momento de explicar la célula PERL desarrollada por Martin Green y sus colaboradores en la Universidad de Nueva Gales del Sur.

190. A una radiación solar estándar de 0,1 watts por centímetro cuadrado (sin concentración) HA ALCANZADO un rendimiento del 24 por ciento.
191. EN ESA CÉLULA, los electrodos metálicos de delante y detrás están conectados, a través de pequeños agujeros hechos en un óxido aislante y pasivador, a regiones P^+ en la parte posterior y N^+ en la frontal, que no cubren la superficie entera de la célula, sino que se extienden sólo debajo de los propios agujeros de contacto.
192. EN LA SUPERFICIE FRONTAL existe, SIN EMBARGO, una fina capa N^+ , recubriéndola;
193. ESTA CAPA, capaz de limitar la recombinación de superficie, es indispensable en la célula PERL para favorecer la conducción lateral de la corriente hasta alcanzar las tiras de la rejilla de contacto que están bastante separadas.
194. ESTO es ASÍ porque la región N^+ es bastante buena conductora de la corriente de electrones, que es la que ha de salir por los contactos frontales, lo que no sucede con la base de tipo P.
195. Todas las superficies, SALVO LOS PUNTOS DE CONTACTO, están «pasivas» con una capa de óxido de silicio.

PÁRRAFO 44

196. Quizá lo más llamativo de ESTA CÉLULA sea su compleja estructura superior, tachonada de pirámides invertidas.
197. ESTA ESTRUCTURA se consigue con relativa facilidad en el monocristal de silicio mediante un ataque químico anisotrópico.

198. Sirven ESTAS PIRÁMIDES, EN PRIMER LUGAR, para reducir la reflexión de la luz en el silicio, que desnudo y sin tratar refleja cerca del 40 por ciento de la luz incidente.
199. Cuando SE RECUBRE con una capa transparente de espesor próximo al cuarto de longitud de onda de los fotones del sol (unas 0,1 micras) actúa como las capas anti-reflectantes (AR) usadas también para gafas, y reduce la reflexión a sólo 10-15 por ciento.
200. (UN TRATAMIENTO CON DOBLE CAPA AR puede bajar la reflexión a sólo el 3-4 por ciento.)
201. En esta célula se usa el propio óxido de silicio como CAPA AR, aunque dicho material no es óptimo para TAL FUNCIÓN.
202. SIN EMBARGO, la estructura de pirámides determina que la mayoría de los rayos solares reflejados (todos, si la luz cae perpendicular) vuelven a incidir sobre otras caras de las pirámides, teniendo una nueva ocasión de penetrar EN LA CÉLULA.
203. LA REFLEXIÓN GLOBAL es del orden $0,15 \times 0,15 = 0,0225$, es decir, del 2,225 por ciento, o menos.

PÁRRAFO 45

204. LA SEGUNDA MISIÓN DE ESTA ESTRUCTURA, más sutil, se refiere al confinamiento de la luz.
205. Para conseguirLO, hemos de colocar un buen espejo en la cara posterior de LA CÉLULA.

206. Cumple ESA MISIÓN la capa metálica del electrodo posterior (plata o aluminio).
207. Se mejora ASÍ la reflectividad DE ESTA CAPA, hasta un 98 por ciento, con la capa de óxido pasivante allí colocada, a la que se debe dar un espesor bien definido, del orden de 0,1 micras.
208. DE ESTE MODO, CADA RAYO DE LUZ que entre en la célula se inclina por la refracción en las caras de las pirámides, se refleja en la cara posterior y vuelve a la cara frontal, donde muy probablemente encuentra una cara de pirámide;
209. EN ÉSTA incide con cierto ángulo.

PÁRRAFO 46

210. Cuando LA LUZ procedente de un medio ópticamente denso (de índice de refracción n elevado, 3,7 en el semiconductor) incide con cierta inclinación sobre la superficie que lo separa de un medio ópticamente menos denso (aire), experimenta una reflexión perfecta, llamada reflexión total interna.
211. ESTO es lo que ocurre a MUCHOS (¿EL 92 POR CIENTO?) DE LOS RAYOS que intentan escapar de la célula.
212. CON ESTAS CONDICIONES LOS RAYOS experimentan recorridos que en promedio (y en una estructura algo idealizada) son $4n^2$ veces el espesor de la célula (en silicio 55).
213. ASÍ, los fotones poco absorbidos, que -como hemos dicho- EN EL SILICIO son bastantes, recorren distancias suficientes para serlo, a pesar de la delgadez de la célula.

PÁRRAFO 47

214. El mayor rendimiento en concentración, PARA CÉLULAS DE SILICIO, lo ostenta hoy, con un 28 por ciento desde 1986, la estructura de célula PC («point contact») desarrollada por Dick Swanson y su equipo de la Universidad de Stanford.
215. EMPLEA refinamientos parecidos en el tratamiento óptico de las superficies.
216. Peculiar de ESTA CÉLULA es tener todos su contactos en la cara posterior, con lo cual la frontal queda libre de la malla de metalización y no sufre, por ende, la sombra que ésta arroja.

PÁRRAFO 48

217. Contra lo que suele creerse, EL TENER LOS CONTACTOS EN LA CARA POSTERIOR no constituye ningún problema, si la calidad de silicio es buena.
218. Nosotros desarrollamos en 1981 UNA CÉLULA BIFACIAL que podía ser iluminada por detrás (por la cara opuesta a la que tiene la unión PN^+), que, con nuestras patentes, fabrica hoy la sociedad española Isofotón.
219. POR OTRA PARTE, LA CÉLULA PC ha sido la primera en utilizar el concepto de contacto puntual sobre pequeñas zonas fuertemente dopadas.

PÁRRAFO 49

220. Uno de los problemas de LAS CÉLULAS DE SILICIO EN CONCENTRACIÓN es su resistencia en serie.

221. PRODUCE pérdidas que influyen en el rendimiento.
222. DE HECHO, considerando la resistencia en serie, EL RENDIMIENTO MÁXIMO se consigue a la concentración que hace que la caída de potencial en esta resistencia sea igual a la energía térmica, a temperatura ambiente de 25 milivolts.
223. PARA CONCENTRACIONES SUPERIORES, EL RENDIMIENTO empieza a disminuir, a diferencia de lo que ocurriría con las células ideales, sin resistencia, que analizamos antes.

PÁRRAFO 50

224. LA RESISTENCIA EN SERIE se produce en diversos lugares de la célula.
225. EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS SIN EMBARGO, con una buena técnica puede reducirse bastante: en teoría, INCLUSO INDEFINIDAMENTE.
226. SÓLO UNA COMPONENTE se muestra inevitable:
227. LA QUE produce la corriente, al atravesarla de arriba abajo.
228. EN LA CÉLULA PC, los contactos están POR DETRÁS;
229. POR TANTO, ESA COMPONENTE no existe y la resistencia en serie es bajísima.
230. GRACIAS A ELLO TRABAJA muy bien a concentraciones elevadas.
231. Se ha obtenido ASÍ el 28 % A 150 SOLES;

232. su operación A 300 SOLES parece posible, si se adelgaza LA CÉLULA hasta el punto de permitir reducir el volumen de la recombinación Auger a la que ESTA CÉLULA es muy sensible.
233. (LAS CÉLULAS DE ASGA no tienen ESE PROBLEMA, porque la movilidad de los electrones en el AsGa quintuplica la del silicio.
234. EN CONSECUENCIA, EN EL ARSENIURO DE GALIO son posibles las concentraciones de 750-1000x, y desde luego son necesarias si se quieren soluciones económicas, ya que el AsGa es más caro que el silicio).

PÁRRAFO 51

235. LAS CÉLULAS SOLARES encontrarán un futuro prometedor en su introducción dentro de cavidades confinadoras de luz.
236. ELLO LES permite tener mallas metálicas muy densas y reducir, por consiguiente, su resistencia en serie, ya que la luz reflejada puede retornar a las células.
237. ADEMÁS, EN EL CASO DE CÉLULAS HECHAS CON EL TRANSPARENTE SILICIO, la luz que, entrando en ellas, escapa sin absorber, cuenta también con la posibilidad de entrar de nuevo en ellas, aumentando el camino óptico, hasta valores quizás del orden de 500 veces el espesor de la célula.
238. Se puede fabricar ASÍ CÉLULAS MUY FINAS, con merma apreciable de la resistencia en serie.
239. Según mis cálculos, fuera de cavidad EL SILICIO alcanza, con las técnicas de confinamiento antes mencionadas, corrientes de 42 miliampères a potencias luminosas de 0,1 watts;

240. EN EL INTERIOR DE UNA CAVIDAD IDEAL, llega a los 45 miliampères.
241. Significa TODO ESTO que, usando ESTAS CAVIDADES, se lograrían rendimientos parecidos a los de la célula PC;
242. Y ELLO, CON CÉLULAS MÁS SENCILLAS Y BARATAS.
243. No se olvide, ADEMÁS, que una misma cavidad admite CÉLULAS DE VARIOS MATERIALES que potencien el rendimiento.

PÁRRAFO 52

244. Para que la luz no escape, LAS CAVIDADES necesitan, y en ello reside su problema principal, una pupila de entrada muy pequeña con concentración muy elevada.
245. Para salir al paso de ESA DIFICULTAD, he desarrollado con Juan Carlos Miñano un nuevo tipo de confinamiento de luz con sistemas ópticos especiales, en el que sólo pueden salir de la cavidad rayos poco inclinados.
246. DE ESTE MODO la pupila de entrada puede ser grande y, LA CAVIDAD, confinar la luz;
247. IMPIDE ENTONCES que escape, como si dicha entrada fuera mucho menor.
248. Basado en ESE MODELO, un consorcio adscrito al Programa JOULE de la CEE, dirigido por nuestro Instituto, y en el que se integran la Universidad de Reading, al Instituto Fraunhofer de Energía Solar de Friburgo y a la empresa CISE de Roma, está desarrollando un sistema para uso combinado de células

de AsGa y Si, que pretende superar el rendimiento máximo alcanzado con estos dos materiales, que es del 31 por ciento.

249. EL INTERÉS DEL PAR ASGA/SI reside en el bajo precio de las células del segundo material, que puede justificar la complejidad de usarlas juntamente con las de AsGa.

PÁRRAFO 53

250. RESUMIENDO, podemos decir que el aumento de rendimientos de LAS CÉLULAS SOLARES no sólo es viable, sino que cabe esperar en los próximos años valores superiores al 40 por ciento en laboratorio.
251. CON UN RENDIMIENTO DE UN 35 POR CIENTO, un metro cuadrado de módulo fotovoltaico (conjunto formado por las células y la estructura ópticas necesarias) ahorra del orden de un barril de petróleo por año.
252. Un panel de expertos reunidos por EPRI (la agrupación de investigación de las compañías eléctricas estadounidenses) en 1989, antes de la crisis del golfo Pérsico, opinaron que era muy probable que se consiguieran los costes de instalación y los rendimientos que hacen posible la producción de electricidad en centrales norteamericanas a 8 centavos de dólar por kilowatt-hora usando LA TECNOLOGÍA DE CONCENTRACIÓN CON SILICIO DE ALTO RENDIMIENTO.
253. NINGUNA OTRA TÉCNICA FOTOVOLTÁICA LES pareció más idónea para alcanzar el binomio coste rendimiento requerido.
254. Sólo EXPRESARON ligeras dudas sobre el cumplimiento, por parte de la concentración, de los requisitos de fiabilidad necesarios para reducir los costes de explotación.

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>								
	2	22	32	41	57	64	69	82	96
	4	23	33	42	59	65	71	84	97
	13	26	37	43	60	66	76	86	
	14	28	39	44	62	67	78	87	
	21	29	40	46	63	68	80	94	
	<i>Hiperónimo</i>								
	45	112							
	<i>Sinónimo</i>								
	73	104	119	120					
<i>Pronombre</i>									
15	18	24	27	47	77	85	95		
<i>Omisión</i>									
126									

ENTIDAD RELACIONADA	0.1	20	48	58	79	99	107	114	118
	1	30	49	61	83	102	109	115	121
	5	35	51	70	91	103	110	116	
	7	36	53	75	92	106	111	117	

ENCAPSULAMIENTO	Nominalización									
	3	8	38	52	56	72	74	81	90	105
	Nombre									
	0.2	10	25	34	89	101	113	124		
	9	17	31	88	93	108	122			
	Pronombre									
	98	100								
Adverbio										
85										

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	19	109	123	127			
ANUNCIO	<i>Nombre</i>						
	10	15	49				
	<i>Imperativo</i>						
	40						
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Adverbio</i>						
	9						
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Marcador</i>						
	3	24	53	70	95	112	124
	15	36	54	72	100	120	
	18	44	59	73	102	121	
	19	47	68	78	106	123	

TEXTO 2:
MICROCLUSTERS

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	3	17	35	54	71	84	99	113	145	160
	7	18	36	58	74	85	100	114	152	161
	9	24	38	59	75	87	104	116	153	163
	10	26	44	63	76	88	107	119	154	164
	11	27	49	67	78	91	108	127	155	171
	14	28	50	68	80	92	110	132	156	
	15	31	51	69	81	93	111	135	157	
	16	34	53	70	83	97	112	141	159	
ENTIDAD RELACIONADA	<i>Hiperónimo</i>									
	5	37	40	43	65	73	79	86	170	172
	<i>Sinónimo</i>									
	0.1	41								
	<i>Pronombre</i>									
	4	40	48	90	126	128	134	162		
ENCAPSULAMIENTO	<i>Posesivo</i>									
	0.2	45	66							
	<i>Nominalización</i>									
	13	33	77	103	118	129				
	30	60	89	117	124					
	<i>Nombre</i>									
	18	27	52	96	103	106	117	136	163	
	25	47	61	98	105	115	125	140		
	<i>Pronombre</i>									
	22	150	158							
	<i>Adverbio</i>									
	20	82	112	133	142					

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	23	46	61	62	88	109	137	139	146	149
-----------------------------------	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

ANUNCIO	<i>Nombre</i>									
	4	64	88	106	122					
	<i>Imperativo</i>									
	39	114	135							
	<i>Extraposición</i>									
	52	80	86	87						
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Adverbio</i>									
	16	54	58	130	144	163				
	<i>Pregunta</i>									
	5	6	7	8	108					
<i>Marcador</i>										
	2	26	60	75	87	103	123	128	144	163
	14	32	61	80	96	111	125	138	148	
	21	48	68	86	100	117	126	142	156	

TEXTO 3:
PROGRESS IN GALLIUM ARSENIDE SEMICONDUCTORS

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	2	21	35	46	77	103	128	147	190	221
	3	22	36	47	84	104	130	149	203	223
	4	23	37	49	86	105	132	150	206	228
	7	24	38	52	88	107	136	152	208	231
	8	26	40	53	89	108	138	163	213	232
	9	29	41	55	93	109	139	171	215	233
ENTIDAD RELACIONADA	10	30	42	56	97	111	140	174	216	234
	15	31	43	59	98	120	141	176	217	237
	16	32	44	65	99	123	142	179	219	238
	17	33	45	76	100	127	145	185	220	
	<i>Hiperónimo</i>									
	0.1	25	61	73	129	165	184	187		
	5	28	62	92	164	170	186	189		
ENTIDAD RELACIONADA	<i>Sinónimo</i>									
	74	177	214	236						
	<i>Pronombre</i>									
	6	20	87	94	112	126	143	209		
	14	75	91	96	124	137	161			
	<i>Posesivo</i>									
	0.2	79	131	212						
ENTIDAD RELACIONADA	<i>Omisión</i>									
	113									

ENTIDAD RELACIONADA	1	39	70	90	119	152	167	191	201	226
	11	50	71	101	122	154	172	193	205	227
	12	60	78	107	133	155	173	194	207	229
	13	63	80	115	135	157	175	196	210	230
	18	64	82	116	145	158	178	198	211	239
	27	67	83	117	146	162	179	199	218	
	34	69	85	118	151	166	188	200	222	

ENCAPSULAMIENTO	<i>Nominalización</i>									
	38	57	58	68	105	110	125	159	224	
	<i>Nombre</i>									
	6	16	25	81	102	148	181	183	197	235
	13	19	48	95	106	180	182	192	204	
	<i>Pronombre</i>									
	46	51	206							
	<i>Adverbio</i>									
	36	239								
ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	44	72	144	148	156	160				
ANUNCIO	<i>Nombre</i>									
	11	125	134	154						
	<i>Imperativo</i>									
	47									
	<i>Adverbio</i>									
	27	38	78	85	161	166	191	192	209	239
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Marcador</i>									
	0.2	15	48	82	94	131	157	198	225	
	12	37	52	84	119	133	168	216	230	
	13	43	54	88	126	144	176	221		
	14	44	67	92	127	153	193	222		

TEXTO 4:
THE SILICON RETINA

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	1	15	22	28	41	58	65	78	90	112
	3	16	23	29	42	60	70	79	95	130
	6	18	24	31	49	62	72	82	100	132
	8	20	26	34	54	63	73	83	109	137
	11	21	27	38	56	64	75	89	111	143
	<i>Hiperónimo</i>									
	114	135								
	<i>Sinónimo</i>									
	4	35	55	80	81	92				
<i>Pronombre</i>										
	2	14	40	74	110	145				
	7	25	44	108	113					
<i>Posesivo</i>										
	37	98								

ENTIDAD RELACIONADA	0	39	51	67	88	97	115	126	140
	9	45	52	68	91	99	122	129	
	19	48	53	76	93	101	123	133	
	33	49	61	84	94	104	124	134	
	36	50	66	86	96	106	125	139	

ENCAPSULAMIENTO	Nominalización							
	10	30	43	116	138			
	Nombre							
	5	8	12	17	31	118	128	144
	Pronombre							
	59	131						

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	24	71	85	107	121	127				
-----------------------------------	----	----	----	-----	-----	-----	--	--	--	--

ANUNCIO	<i>Nombre</i>									
	130									
	<i>Adverbio</i>									
	9 14 135									
ANUNCIO	<i>Extraposición</i>									
	119									
ANUNCIO	<i>Pregunta</i>									
	18									

ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Marcador</i>									
	2	22	41	64	76	83	102	113	124	139
	6	23	44	65	78	91	107	115	126	140
	7	34	46	68	79	97	110	120	129	143
	15	39	59	72	81	99	111	122	138	

**TEXTO 5:
MICROLASERS**

ENTIDAD COINCIDENTE	Expresión original										
	6	21	35	54	63	72	80	91	112	124	
	9	22	36	56	64	73	83	99	113	127	
	10	23	37	57	67	74	87	104	119	129	
	14	25	38	58	69	75	88	106	120	132	
	19	29	51	59	70	77	89	107	122	133	
	20	31	52	62	71	79	90	110	123	136	
	Hiperónimo										
	11	16	105	115	135						
	Sinónimo										
	66	116	117								
	Pronombre										
	15	77	81								

ENTIDAD RELACIONADA	1	18	32	41	60	79	98	111	131
	2	24	33	45	65	84	100	114	134
	5	26	34	50	71	90	101	118	
	8	28	39	53	76	92	102	128	
	13	30	40	55	78	97	108	130	

ENCAPSULAMIENTO	Nominalización									
	4	42	47	82	85	86	93	94	95	125
	Nombre									
	3	17	42	44	48	115				
	7	27	43	46	103					
	Pronombre									
	61									

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	19	49	68	78	96	101	109	119	121	126
-----------------------------------	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

ANUNCIO	<i>Nombre</i>									
	12	39	61	110						
	<i>Imperativo</i>									
	22	108								
	<i>Extraposición</i>									
	131	134								
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Adverbio</i>									
	12	19	64	84	118	141	143			
	<i>Pregunta</i>									
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	60	124								
	<i>Marcador</i>									
	4	38	58	72	84	92	104	111	126	144
	21	48	70	79	85	94	106	121	131	
	23	51	71	81	89	101	109	123	134	

TEXT0 6:
SINGLE ELECTRONICS

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	3	20	42	53	71	106	123	138	149	174
	4	21	43	56	91	107	124	139	150	182
	5	23	45	58	95	111	125	140	152	188
	10	25	46	59	96	114	129	141	158	191
	11	35	47	60	100	116	132	142	163	194
	13	39	51	61	103	117	135	145	169	
	15	41	52	64	104	118	136	147	173	
	<i>Hiperónimo</i>									
	65	92	108	128	162	172				
	70	105	127	160	170	183				
	<i>Sinónimo</i>									
	12	193								
<i>Pronombre</i>										
9	22	33	154	178	198					
18	30	153	176	192						

ENTIDAD RELACIONADA	0.1	21	31	53	89	122	143	164	175
	1	24	36	65	94	130	146	165	185
	6	26	48	66	102	131	148	167	189
	16	27	49	67	113	133	156	168	
	19	28	50	69	115	134	161	169	

ENCAPSULAMIENTO	Nominalización								
	34	40	63	93	97	121	144	180	185
	Nombre								
	0.2	32	55	68	101	126	155	179	195
	7	37	57	88	109	137	166	181	
	14	38	58	98	110	150	170	184	
	29	44	62	99	116	152	177	190	
	Pronombre								
	171	199							

ENCAPSULAMIENTO	2	31	79	120	144	189	196
TÁCITO	8	57	86	124	187	191	

ANUNCIO	Nombre									
	86 187									
	Imperativo									
	72									
	Extraposición									
	6									
	Adverbio									
	28	34	64	80	95	151	165	174		
	Pregunta									
	0.1	1								

ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	Marcador									
	8	45	66	81	104	133	147	164	180	
	20	52	67	82	108	135	149	167	188	
	22	60	69	85	113	136	158	173		
	25	61	71	92	122	141	160	175		
	31	62	75	102	129	143	162	176		

TEXTO 7:
LA FÍSICA DE SUPERFICIES

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	0	14	30	46	70	87	108	141	158	176
	1	15	33	49	72	90	111	143	159	177
	2	19	38	51	74	93	121	146	165	178
	5	20	39	54	75	99	126	147	167	179
	8	21	42	60	76	102	134	150	168	
	10	28	43	65	78	104	135	152	173	
	12	29	45	66	81	105	136	154	174	
ENTIDAD RELACIONADA	<i>Hiperónimo</i>									
	94	145								
	<i>Sinónimo</i>									
	36	69	89	160						
	<i>Pronombre</i>									
	23	58	73	107	110	112	145	180		
	<i>Posesivo</i>									
	22	123								
ENCAPSULAMIENTO	<i>Omisión</i>									
	18	37	77	118	184					
	<i>Nominalización</i>									
	53	64	84	153						
	<i>Nombre</i>									
	3	13	32	61	86	114	125	149	168	177
	4	17	47	71	88	117	139	151	169	188
	12	30	55	80	98	119	142	161	170	182
ENCAPSULAMIENTO	<i>Pronombre</i>									
	24	50	59	67	91	96	132	164		
	44	52	62	85	92	124	148	181		
	<i>Adverbio</i>									
	10	26	43	79	140	155				

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	120	159	166						
ANUNCIO	<i>Nombre</i>								
	6	8	15	57	156	161			
	<i>Imperativo</i>								
	19	65	133	138	149	165			
	<i>Adverbio</i>								
	41	63	149	185					
	<i>Pregunta</i>								
	33	49	108						
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Marcador</i>								
	4	21	40	51	71	105	120	123	160
	18	27	42	54	90	108	121	134	162
	20	33	48	56	97	113	122	153	163

TEXTO 8:
TRANSICIONES DE FASE EN LAS PEROVSKITAS

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	1	19	48	59	76	97	123	135	158	186
	2	22	49	63	79	101	124	136	161	
	3	24	52	64	82	105	125	141	163	
	5	30	53	65	90	107	126	143	164	
	11	37	54	66	92	110	127	148	167	
	13	38	56	69	94	112	128	155	170	
	14	44	57	73	96	122	132	157	171	
ENTIDAD RELACIONADA	<i>Hiperónimo</i>									
	0	6	29	83	156	169				
	2	7	70	140	160					
	<i>Sinónimo</i>									
	27	40	68	78						
	<i>Pronombre</i>									
	104	106	139	147	154					
ENCAPSULAMIENTO	<i>Posesivo</i>									
	61	146	179							
	<i>Omisión</i>									
	35	91	149							
	<i>Nominalización</i>									
	33	98	108	117	118	134				
	<i>Nombre</i>									
	12	43	55	113	129	157	174	182	187	
	22	46	58	119	153	166	175	184		
ENCAPSULAMIENTO	<i>Pronombre</i>									
	24	35	41	71	81	104	118	169	177	
	<i>Adverbio</i>									
	19	74	137	180						

ANUNCIO	<i>Nombre</i>									
	1	49	52							
	<i>Imperativo</i>									
	17	25	111							
	<i>Adverbio</i>									
	115	173								

ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Marcador</i>									
	4	20	41	66	90	106	117	133	155	
	9	22	50	70	99	109	128	136	168	
	12	40	51	84	102	113	131	150	185	

TEXTO 9:
PROPIEDADES DE LOS MICROAGREGADOS METÁLICOS

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	0	10	34	50	82	108	129	153	170	191
	1	12	35	60	89	111	136	163	171	196
	3	14	36	67	93	121	140	165	172	197
	5	28	38	72	102	122	141	166	178	
	7	29	40	73	103	124	148	167	180	
	8	30	47	81	106	128	149	168	182	
ENTIDAD RELACIONADA	<i>Hiperónimo</i>									
	8	44	50	61	109					
	<i>Sinónimo</i>									
	1	13	20	42	54	62	80	95		
	<i>Pronombre</i>									
	2	18	78	147	192					
	<i>Posesivo</i>									
ENCAPSULAMIENTO	134	162								
	<i>Omisión</i>									
	77	87	105	117	134	154	161			
	6	22	46	65	90	112	125	138	170	184
	11	32	48	66	91	113	126	142	172	190
	12	33	49	68	92	115	127	143	173	193
	15	34	55	70	99	116	131	152	174	195
ENCAPSULAMIENTO	16	37	58	75	100	117	132	158	176	198
	17	40	61	76	109	120	133	159	181	199
	19	41	64	83	111	123	137	160	183	
	<i>Nominalización</i>									
	16	21	22	143	193					
	<i>Nombre</i>									
	4	16	28	51	56	94	151	157	194	
ENCAPSULAMIENTO	7	26	29	53	84	115	155	169		
	<i>Pronombre</i>									
	59	98	152	177	186	198				
	<i>Adverbio</i>									
	24	60	127	136						

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	119	150	156	184	185	188	197
-----------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ANUNCIO	<i>Nombre</i>									
	4	159	163	182	188					
	<i>Adverbio</i>									
	52	76	82	151						
	<i>Imperativo</i>									
	8	82	132							
	<i>Extraposición</i>									
	48	89	110	175	176					
	<i>Pregunta</i>									
	5	6	134	154						

ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Marcador</i>									
	2	27	71	92	108	138	149	174	183	199
	9	32	73	96	113	139	161	176	186	
	12	65	74	97	132	147	171	178	187	
	16	66	89	103	133	148	172	179	194	

TEXTO 10:
SINGULARIDADES EN RELATIVIDAD GENERAL

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	0.1	26	49	66	95	128	144	166	195	223
	1	27	51	69	96	130	152	169	199	224
	13	29	54	72	105	131	153	172	200	226
	16	31	56	73	109	132	154	177	203	228
	18	35	57	87	113	139	155	179	204	236
	20	38	58	88	118	140	161	182	207	
	22	44	59	91	123	141	163	183	213	
	25	48	65	94	127	143	164	189	217	
	<i>Hiperónimo</i>									
80	82	102								
<i>Sinónimo</i>										
120	197									
<i>Pronombre</i>										
2	10	21	50	79	126	171				
5	12	34	71	93	168	248				
<i>Posesivo</i>										
37	70	78	88	108	186					
<i>Omisión</i>										
3	24	151	159	164	215	244				
7	150	158	162	193	216					
ENTIDAD RELACIONADA	4	39	61	99	115	145	175	192	242	
	9	45	63	100	117	150	178	196	243	
	11	46	75	102	124	151	180	206	245	
	15	47	77	103	128	160	181	214	246	
	17	55	80	107	133	167	185	231		
	19	60	98	110	136	170	191	238		
ENCAPSULAMIENTO	<i>Nominalización</i>									
	8	14	53	148	186	210	227			
	<i>Nombre</i>									
	0.2	52	83	106	137	156	198	211	225	237
	32	64	85	116	142	157	201	215	229	240
	36	67	92	119	146	159	205	218	232	245
	40	74	96	121	147	190	209	220	233	247
	43	76	104	134	152	194	210	221	234	249
	<i>Pronombre</i>									
	6	28	38	89	111	174	208	222		
23	33	62	103	122	207	219	224			
<i>Adverbio</i>										
34	95	97	101	174	182					

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	149	159	184							
ANUNCIO	<i>Nombre</i>									
	32	42	157	169	192	236	241			
	40	73	166	188	209	237				
	<i>Nominalización</i>									
	214	230								
	<i>Imperativo</i>									
	25	47	49	76						
	<i>Extraposición</i>									
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	46	56	59	61	206					
	<i>Adverbio</i>									
	49	55	61	76	81	84	238			
	<i>Pregunta</i>									
	22	148	203	217	228	242	243	244	245	246

TEXTO 11:
ESPECTROSCOPIA ASTROFÍSICA CON FIBRAS ÓPTICAS

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	0.1	32	48	86	100	116	126	143	159	173
	1	37	56	87	101	118	127	144	161	174
	11	38	57	88	103	119	131	146	162	175
	12	41	65	89	104	120	135	149	163	176
	16	43	68	90	105	121	137	150	166	178
	17	44	83	91	108	122	138	151	168	181
	20	45	84	94	112	124	139	153	171	
	24	46	85	99	114	125	140	155	172	
	<i>Hiperónimo</i>									
22	134									
<i>Sinónimo</i>										
4	76									
<i>Pronombre</i>										
2	69	73	95	133						
<i>Posesivo</i>										
33	64									
<i>Omisión</i>										
0.2	14	48	52	60	97	154				
ENTIDAD RELACIONADA	3	14	23	28	47	55	91	136	169	
	6	18	25	31	49	68	110	145	178	
	7	19	26	39	50	88	111	153	180	
	9	21	27	43	51	90	132	164		
ENCAPSULAMIENTO	<i>Nominalización</i>									
	42	64	71	72	74	75	106	128	142	148
	<i>Nombre</i>									
	3	30	67	79	92	120	157	175		
	10	58	70	80	109	129	158	177		
	13	62	77	81	115	147	169			
	<i>Pronombre</i>									
	49	60	63	102	123	137	154	160	166	176
<i>Adverbio</i>										
132										

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	8 15	29 35	37 50	53 78	93 113	135 141	152 167		
ANUNCIO	<i>Nombre</i>								
	25	53	61	92	97	98	138	161	163
	<i>Imperativo</i>								
	65	86							
	<i>Adverbio</i>								
	21	40	44	73	82	94			
ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Marcador</i>								
	3	7	26	38	65	83	89	125	175
	5	18	27	43	68	87	91	164	177
	6	23	28	58	72	88	103	170	179

TEXTO 12:
CÉLULAS SOLARES MUY EFICIENTES

ENTIDAD COINCIDENTE	<i>Expresión original</i>									
	0	28	48	69	90	125	144	182	213	250
	15	32	50	71	94	126	145	186	214	251
	16	33	56	73	97	127	153	188	216	
	18	34	57	74	98	129	158	191	222	
	19	35	58	75	101	131	161	192	223	
	20	37	61	78	106	134	163	193	224	
	21	41	64	79	107	135	172	196	228	
	22	42	65	80	112	136	173	197	229	
	23	43	66	83	115	138	174	201	234	
	25	44	67	86	117	140	176	202	237	
	27	45	68	88	121	143	180	210	244	
ENTIDAD RELACIONADA	<i>Hiperónimo</i>									
	8	49	59	72	92	147	154	156		
	<i>Sinónimo</i>									
	2	110								
	<i>Pronombre</i>									
	5	24	60	133	155	209	236			
	10	38	130	149	179	227				
	<i>Posesivo</i>									
	29	232								
	<i>Omisión</i>									
	9	39	93	142	168	190	215	230		
	17	40	120	162	171	199	221	240		
26	46	128	165	175	209	226	254			
ENCAPSULAMIENTO	<i>Nominalización</i>									
	11	132	200							
	<i>Nombre</i>									
	52	103	116	122	152	164	187	208	245	248
	102	111	119	151	157	167	206	212	246	
	<i>Pronombre</i>									
49	82	136	166	170	194	211	236	242		
55	108	146	169	185	205	230	241			
<i>Adverbio</i>										
28	97	124	183	194	207	213	238	247		

ENCAPSULAMIENTO TÁCITO	7	45	70	89	122	152	177	204	225	250
-----------------------------------	---	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ANUNCIO	<i>Nombre</i>									
	25	72	108	147	157					
	<i>Nominalización</i>									
	217									
	<i>Imperativo</i>									
	243									
	<i>Extraposición</i>									
	64	141	182	189						
	<i>Adverbio</i>									
	6	9	10	20	53	97	196			
	<i>Pregunta</i>									
	58	75	98	156						

ANUNCIO CON ENCAPSULAMIENTO	<i>Marcador</i>									
	8	56	75	99	125	160	178	219	237	
	10	63	79	101	128	162	179	222	243	
	22	65	83	112	137	165	181	225		
	34	67	95	114	144	170	192	229		
	40	69	96	118	159	175	198	234		